

**LAPORAN
TUGAS AKHIR
(EV – 003)**

**PENURUNAN KEKERUHAN AIR BAKU IPA BADAK SINGA
DENGAN PENGGUNAAN KOAGULAN PAC DAN PLAT
ALUMUNIUM PADA PROSES KOAGULASI-
ELEKTROKOAGULASI**

Disusun Oleh:

**MUHAMMAD PANDU JATI AMPERA
113050012**



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2018**

**PENURUNAN KEKERUHAN AIR BAKU IPA BADAK SINGA
DENGAN PENGGUNAAN KOAGULAN PAC DAN PLAT
ALUMINIUM PADA PROSES KOAGULASI-
ELEKTROKOAGULASI**

**LAPORAN TUGAS AKHIR
(EV – 003)**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan penyelesaian Program S-1
Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik
Universitas Pasundan**

Disusun Oleh:

**MUHAMMAD PANDU JATI AMPERA
113050012**



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

(EV – 003)

PENURUNAN KEKERUHAN AIR BAKU IPA BADAK SINGA DENGAN PENGGUNAAN KOAGULAN PAC DAN PLAT ALUMUNIUM PADA PROSES KOAGULASI- ELEKTROKOAGULASI

Disusun Oleh:

MUHAMMAD PANDU JATI AMPERA

113050012



Telah disetujui dan disahkan

Pada, Juni 2018

Pembimbing I

Pembimbing II

(Dr. Evi Afiatun, Ir., MT)

(Sri Wahyuni, Ir., MT)

Penguji I

Penguji II

(Lili Mulyatna, Ir., MT)

(Astri W. Hasbiah, ST., M.ENV)

**PENURUNAN KEKERUHAN AIR BAKU IPA BADAK SINGA
DENGAN PENGGUNAAN KOAGULAN PAC DAN PLAT ALUMINIUM
PADA PROSES KOAGULASI-ELEKTROKOAGULASI**

MUHAMMAD PANDU JATI AMPERA

Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik
Universitas Pasundan Bandung

Abstrak

Pada hakekatnya air sungai layak untuk dikonsumsi oleh makhluk hidup termasuk manusia. Dalam usaha menjaga kelayakan air untuk dikonsumsi, beberapa pengolahan perlu dilakukan. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtawening merupakan perusahaan daerah yang melayani kebutuhan air minum di Kota Bandung. Salah satu instalasi pengolahan air yang melayani kebutuhan air minum tersebut adalah IPA Badak Singa dengan air baku yang digunakan berasal dari sungai Cikapundung dan Sungai Cisangkuy. Salah satu parameter pencemar air baku yang diolah di IPA Badak Singa adalah parameter kekeruhan. Pada penelitian ini telah dilakukan proses pengolahan untuk menurunkan parameter kekeruhan dengan metode koagulasi-elektrokoagulasi. Koagulasi adalah proses destabilisasi partikel-partikel koloid sehingga partikel koloid mudah mengendap. Elektrokoagulasi adalah salah satu metode pengolahan air dengan mengkombinasikan proses koagulasi, flotasi dan elektrokimia. Pada penelitian ini koagulan yang digunakan adalah Poly Aluminium Chloride (PAC). Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah kekeruhan awal, waktu detensi elektrokoagulasi dan dosis koagulan PAC. Nilai dari variasi kekeruhan awal yaitu 25, 50, 100, 200, 300, 400 NTU, untuk nilai waktu detensi elektrokoagulasi yaitu 3, 5, 7 menit sedangkan untuk nilai dosis koagulan PAC yang digunakan yaitu 25, 50 dan 75 % dari dosis optimum PAC. Selain itu uji coba dilakukan perlakuan dengan dan tanpa pengendapan awal. Kombinasi kondisi optimum yang dihasilkan pada penelitian ini didapatkan dengan waktu detensi 3 menit dan 25 % dosis optimum PAC. Kombinasi optimum tersebut didapatkan pada kekeruhan awal 25, 50 dan 100 NTU dengan perlakuan pengendapan awal dan menghasilkan efisiensi penyisihan kekeruhan yang berada pada rentang 76-90%. Sedangkan kombinasi optimum pada kekeruhan awal 200, 300 dan 400 NTU didapatkan dengan perlakuan tanpa pengendapan awal dan menghasilkan efisiensi penyisihan yang berada pada rentang 98-99%.

Kata Kunci: Air Baku, Elektrokoagulasi, Kekeruhan, Koagulasi.

DECREASE OF RAW WATER TURBIDITY IN BADAKSINGA WATER TREATMENT PLANT BY USING PAC COAGULANT AND ALUMINUM PLATE IN COAGULATION-ELECTROCOAGULATION PROCESSES

MUHAMMAD PANDU JATI AMPERA

Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering
Pasundan University, Bandung

Abstract

The rivers water is naturally feasible to be consumed by living creatures including humans. In an effort to maintain the feasibility of water to be consumed, some processing needs to be done. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtawening is a regional company serving the needs of drinking water in the city of Bandung. One of the water treatment plants that serve the needs of drinking water is the Badak Singa IPA with raw water used from Cikapundung and Cisangkuy River. One of the raw water pollutant parameters processed in IPA Badak Singa is turbidity parameter. In this research has been done the processing process to reduce the turbidity parameter by coagulation-electrocoagulation method. Coagulation is a process of destabilizing colloidal particles so that the colloid particles easily settle. Electrocoagulation is one method of water treatment by combining the process of coagulation, flotation and electrochemistry. In this research coagulant used is Poly Aluminum Chloride (PAC). Variables used in this study were initial turbidity, electrocoagulation detention time and coagulant dose of PAC. The values of the initial turbidity variations were 25, 50, 100, 200, 300, 400 NTU, for the electrocoagulation detention time of 3, 5, 7 min while for the PAC coagulant dosage values used were 25, 50 and 75% of the optimum dose of PAC. In addition, trials were treated with and without precipitation. The combination of optimum conditions generated in this study was obtained with a 3 minute detention time and 25% optimum dose of PAC. The optimum combination was obtained at initial turbidity of 25, 50 and 100 NTU with initial precipitation treatment and resulted in turbidity removal efficiency in the range of 76-90%. While the optimum combination of the initial turbidity of 200, 300 and 400 NTU was obtained with pre-precipitate treatment and resulted in a removal efficiency of 98-99% range.

Keywords: Coagulation, Electrocoagulation, Raw Water, Turbidity.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya maka Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Shalawat dan Salam tak lupa penulis sampaikan pada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW serta para pengikutnya hingga akhir zaman. Pada kesempatan ini, laporan Tugas Akhir yang berjudul “Penurunan Kekeruhan Pada Air Baku IPA Badak Singa Dengan Penggunaan Koagulan PAC dan Plat Alumunium pada Proses Koagulasi-Elektrokoagulasi” telah diselesaikan sebagai persyaratan penyelesaian Program S-1 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan Bandung.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penulis tidak terlepas dari bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Atas bantuan, dorongan dan bimbingan yang telah diberikan, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

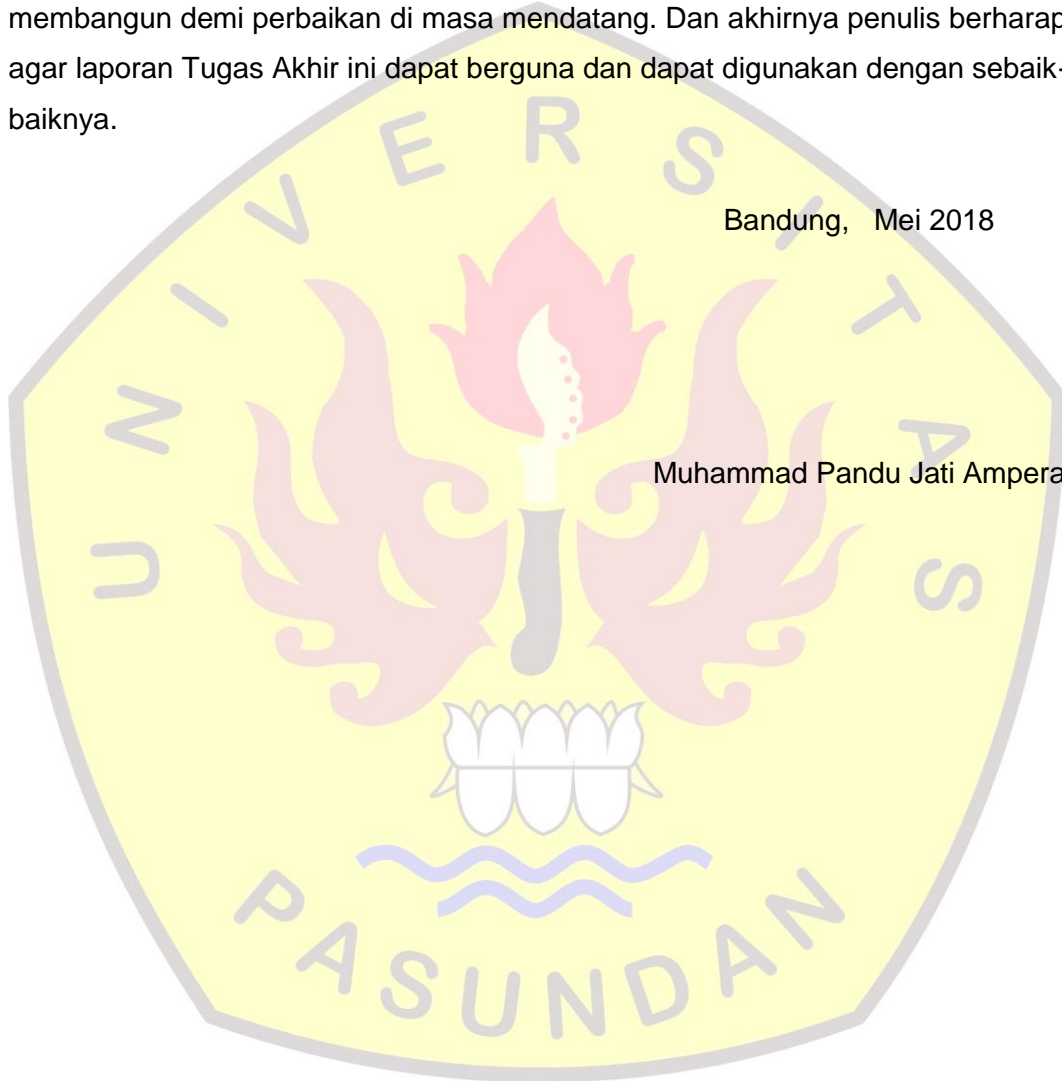
1. Kedua orang tua yang banyak memberi dukungan, dorongan, doa, dan semangat sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Ibu Dr. Evi Afiatun, Ir., MT selaku ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung sekaligus sebagai Pembimbing I dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
3. Ibu Ir. Sri Wahyuni, MT. selaku Koordinator Tugas Akhir sekaligus sebagai Pembimbing II dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
4. Ibu Dr. Anni Rochaeni, Ir., MT selaku Dosen Wali Akademik yang selalu memberikan dukungan dan bimbingan selama menjalani kuliah di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung.
5. Seluruh Dosen beserta jajaran Staff Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Pasundan.
6. Seluruh staff IPA Badak Singa PDAM Tirtawening Bandung.
7. Teguh selaku pengelola operasional Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan.
8. Teman-teman seperjuangan TL 2011.

9. Dan semua pihak yang telah banyak membantu tetapi tidak dapat penulis sebutkan satu per satu terima kasih.

Penulis menyadari dengan segala kerendahan hati bahwa dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan serta masih banyak kekurangan-kekurangan karena terbatasnya kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Dan akhirnya penulis berharap agar laporan Tugas Akhir ini dapat berguna dan dapat digunakan dengan sebaik-baiknya.

Bandung, Mei 2018

Muhammad Pandu Jati Ampera



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian	I-3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	I-3
1.4 Waktu dan Tempat Penelitian	I-4
1.5 Sistematika Penulisan Laporan	I-4
BAB II GAMBARAN UMUM	
2.1 Profil PDAM Tirtawening	II-1
2.1.1 Maksud dan Tujuan	II-1
2.1.2 Visi dan Misi	II-2
2.1.3 Struktur Organisasi	II-2
2.2 Direktur Air Minum	II-3
2.3 Bagian Produksi I	II-5
2.3.1 Seksi Instalasi Pengolahan Badaksinga	II-5
2.3.2 Seksi Sumur Bor	II-7
2.3.3 Seksi Transmisi Cikalong	II-8
2.4 Cakupan Pelayanan	II-9
2.5 Kondisi Eksisting Sungai Cikapundung	II-15
2.6 Kondisi Eksisting Sungai Cisangkuy	II-16
2.7 IPAM Badaksinga	II-18
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	
3.1 Air	III-1
3.2 Kekeruhan	III-2

3.3	Koloid.....	III-3
3.3.1	Stabilisasi Koloid.....	III-5
3.3.2	Destabilisasi Koloid.....	III-7
3.4	Koagulasi - Flokulasi.....	III-8
3.4.1	Koagulasi.....	III-8
3.4.2	Flokulasi	III-10
3.4.3	Faktor-Faktor yang mempengaruhi proses Koagulasi-Flokulasi.....	III-12
3.5	Elektrokimia	III-13
3.5.1	Elektrolisis Senyawa Organik	III-14
3.5.2	Katalis	III-14
3.5.3	Elektroda	III-14
3.6	Elektrokoagulasi	III-16
3.6.1	Prinsip Elektrokoagulasi.....	III-17
3.6.2	Proses Degradasi Pada Elektrokoagulasi.....	III-20
3.6.3	Elektrokoagulasi Dengan Elektroda Alumunium.....	III-20
3.6.4	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Reaksi Elektroda ..	III-22
3.7	Penelitian Terdahulu	III-22
3.7.1	Koagulasi dengan PAC	III-22
3.7.2	Elektrokoagulasi	III-24

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1	Jenis Penelitian.....	IV-1
4.2	Metode Penelitian.....	IV-1
4.2.1	Penentuan Variasi Kekruhan.....	IV-2
4.2.2	Persiapan Percobaan.....	IV-4
4.3	Pelaksanaan Penelitian	IV-7
4.3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	IV-7
4.3.2	Alat dan Bahan.....	IV-7
4.3.3	Prosedur Pelaksanaan.....	IV-8
4.3.3.1	Pengoperasian Alat Ukur.....	IV-8
4.3.3.2	Pembuatan Sampel Kekruhan.....	IV-10
4.3.3.3	Pengoperasian Koagulasi-elektrokoagulasi.....	IV-11
4.3.3.4	Pengukuran Data.....	IV-11
4.3.4	Pengolahan dan Analisis Data.....	IV-12

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1	Umum.....	V-1
5.2	Percobaan dengan Pengendapan Awal.....	V-1
5.3	Percobaan Tanpa Pengendapan Awal.....	V-7
5.4	Kombinasi Kekeruhan, Waktu Detensi dan Dosis Koagulan.....	V-11
5.5	Perhitungan Biaya pengolahan	V-13

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1	Kesimpulan	VI-1
6.2	Saran	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kapasitas Produksi Sumber Air Permukaan.....	II-6
Tabel 2.2	Kapasitas Produksi Sumber Air Tanah.....	II-8
Tabel 2.3	Jumlah Cakupan Pelayanan Air Minum.....	II-10
Tabel 2.4	Jumlah Penduduk di Wilayah Pelayanan Reservoir Badaksinga.....	II-18
Tabel 2.5	Jumlah Pelanggan Air Minum dan Air Limbah PDAM Tirtawening Kota Bandung.....	II-18
Tabel 2.6	Kekeruhan Air Baku Rata-Rata PDAM Tirtawening Tahun 2017.....	II-19
Tabel 2.7	Kekeruhan Air Baku Tertinggi PDAM Tirtawening Tahun 2017.....	II-20
Tabel 2.9	Penggunaan PAC PDAM Tirtawening Tahun 2017.....	II-21
Tabel 3.1	Potensial Reduksi Standar Eo Elektroda	III-15
Tabel 3.2	Koagulan yang Umum Digunakan.....	III-23
Tabel 3.3	Dosis Optimum Jartest dengan dan tanpa Pengendapan Awal.....	III-23
Tabel 3.4	Pengaruh Kuat Arus Terhadap Efisiensi Penurunan Kekeruhan pada Air Baku.....	III-24
Tabel 4.1	Kekeruhan Air Baku Badaksinga.....	IV-2
Tabel 4.2	Pengoperasian Reaktor.....	IV-7
Tabel 4.3	Alat dan Bahan.....	IV-8
Tabel 5.1	Nilai Kekeruhan Setelah Prasedimentasi.....	V-2
Tabel 5.2	Matrix hasil percobaan koagulasi-elektrokoagulasi dengan prasedimentasi	V-3
Tabel 5.3	Matrix hasil percobaan koagulasi-elektrokoagulasi Tanpa prasedimentasi	V-7
Tabel 5.4	Kombinasi Optimum Penyisihan Kekeruhan.....	V-11

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Organisasi PDAM Tirtawening.....	II-3
Gambar 2.2	Struktur Organisasi Air Minum.....	II-4
Gambar 2.3	Peta Distribusi dan Sumber Air Wilayah Utara.....	II-11
Gambar 2.4	Peta Distribusi dan Sumber Air Wilayah Selatan.....	II-12
Gambar 2.5	Peta Distribusi dan Sumber Air Wilayah Barat.....	II-13
Gambar 2.6	Peta Distribusi dan Sumber Air Wilayah Timur.....	II-14
Gambar 3.1	Zeta Potensial.....	III-3
Gambar 3.2	Elektrokoagulasi Monopolar.....	III-16
Gambar 3.3	Elektrokoagulasi Bipolar.....	III-16
Gambar 3.4	Reaktor Elektrokoagulasi.....	III-20
Gambar 3.5	Prinsip Elektrokoagulasi Alumunium.....	III-22
Gambar 3.6	Perbedaan Jenis Elektroda.....	III-25
Gambar 3.7	Grafik Perbandingan Volume Endapan Pada Tiap Waktu Detensi.....	III-26
Gambar 3.8	Rangkaian Elektrokoagulasi.....	III-26
Gambar 4.1	Diagram Alir Penelitian.....	IV-2
Gambar 4.2	Kekeruhan Air Baku IPA Badaksinga.....	IV-4
Gambar 4.3	Desain Reaktor.....	IV-6
Gambar 4.4	Neraca Analitik.....	IV-9
Gambar 4.5	Turbidity Meter.....	IV-9
Gambar 4.6	pH Meter.....	IV-10
Gambar 5.1	Skema Koagulasi-Elektrokoagulasi dengan Prasedimenasi.....	V-1
Gambar 5.2	Efisiensi Prasedimentasi.....	V-2
Gambar 5.3	Kondisi Hasil Pengolahan dengan Pengendapan Awal.....	V-4
Gambar 5.4	Perbandingan Efisiensi Penyisihan.....	V-4
Gambar 5.5	Kekeruhan Akhir Pengolahan Dengan Pengendapan Awal.....	V-5
Gambar 5.6	Efisiensi Penyisihan Pengolahan Dengan Pengendapan Awal.....	V-6
Gambar 5.7	Skema Koagulasi-Elektrokoagulasi	

	Tanpa Pengendapan Awal.....	V-7
Gambar 5.8	Kondisi Hasil Pengolahan tanpa Pengendapan Awal.....	V-8
Gambar 5.9	Kekeruhan Akhir Pengolahan Tanpa Pengendapan Awal.....	V-9
Gambar 5.10	Efisiensi Penyisihan Pengolahan Tanpa Pengendapan Awal.....	V-10
Gambar 5.11	Perbandingan Efisiensi Penyisihan Optimum.....	V-12



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada hakekatnya air tawar yang tersedia di alam layak untuk dikonsumsi oleh makhluk hidup termasuk manusia. Air tawar yang umum digunakan untuk menunjang berbagai aktivitas manusia terdapat di sungai. Namun seiring dengan berkembangnya zaman dimana populasi manusia bertambah pesat bersamaan dengan aktivitasnya menyebabkan kebutuhan akan kualitas serta kuantitas air meningkat. Maka dari itu kualitas serta kuantitas air menjadi perhatian dalam penggunaan air oleh manusia.

Salah satu parameter kualitas air adalah kekeruhan. Menurut International Organization for Standardization (1999), kekeruhan adalah suatu keadaan dimana transparansi suatu zat cair berkurang akibat kehadiran zat-zat lainnya. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492 tahun 2010, persyaratan kualitas air minum yang aman bagi kesehatan adalah kondisi air yang telah memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Dalam peraturan ini disebutkan bahwa nilai baku mutu kekeruhan air yang baik untuk dikonsumsi adalah 5 NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

Beberapa teknik pengolahan air dapat dilakukan untuk menurunkan nilai kadar parameter kekeruhan, diantaranya adalah koagulasi. Menurut Ebeling dan Ogden (2004), koagulasi merupakan proses menurunkan atau menetralkan muatan listrik pada partikel-partikel tersuspensi atau *zeta-potential*-nya. Muatan-muatan listrik yang sama pada partikel-partikel kecil dalam air menyebabkan partikel-partikel tersebut saling menolak sehingga membuat partikel-partikel koloid kecil terpisah satu sama lain dan menjaganya tetap berada dalam suspensi. Bahan kimia yang digunakan pada proses koagulasi disebut koagulan. Koagulan yang umum digunakan adalah *aluminium sulfat* (Al_2SO_4), *Ferric Sulphate* ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), *Ferrous Sulphate* (FeCl_3), *Polyelectrolyte*, *Polyaluminium Chloride* ($\text{AlnCl}(3n-m)(\text{OH})m$) dan lain sebagainya.

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtawening merupakan perusahaan daerah yang melayani kebutuhan air minum di Kota Bandung. Salah satu instalasi pengolahan air yang melayani kebutuhan air minum tersebut

adalah IPA Badak Singa. IPA Badak Singa menggunakan sungai Cikapundung dan Sungai Cisangkuy sebagai sumber air baku. Menurut data kualitas air influent IPA Badak Singa tahun 2017, parameter kekeruhan harian normal air baku gabungan sungai Cikapundung dan Cisangkuy berkisar pada kekeruhan 25 NTU. Adapun kekeruhan tertinggi terjadi saat musim penghujan berada pada nilai 900 NTU. Nilai tersebut berada diatas nilai baku mutu sehingga pengolahan untuk mencapai batas baku mutu perlu dilakukan. Adapun teknik pengolahan air yang dilakukan guna menurunkan nilai kekeruhan air yang dilakukan PDAM Tirtawening adalah koagulasi dengan pembubuhan koagulan PAC (*Polyaluminium Chloride*).

Selain pembubuhan koagulan PAC, teknik koagulasi lainnya yang dapat dilakukan dalam menurunkan nilai kekeruhan air adalah dengan teknik elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi adalah suatu teknik pemisahan yang menggunakan sel elektrokimia yang biasa digunakan untuk menangani air (Gameissa 2012). Proses elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dan proses flokulasi-koagulasi (Susetyaningsih, 2008). Ketiga proses dasar ini saling berinteraksi dan berhubungan untuk menjalankan elektrokoagulasi. Penelitian tentang pengolahan menggunakan elektrokoagulasi telah dilakukan oleh Engellina (2010) yang meneliti pengaruh penambahan pac (poli alumunium chloride) terhadap kualitas air limbah domestik yang diolah dengan metode elektrokoagulasi, Karina (2011) telah meneliti aplikasi elektrokoagulasi menggunakan pasangan elektroda aluminium untuk pengolahan air dengan sistem kontinyu, Lukismanto (2010) telah meneliti aplikasi elektrokoagulasi pasangan elektroda besi untuk pengolahan air dengan sistem kontinyu dan lain sebagainya. Pada penelitian yang berkaitan dengan penurunan kekeruhan air baku di IPA Badaksinga, Fabian (2017) telah meneliti penurunan kekeruhan menggunakan metoda elektrokoagulasi dengan plat alumunium. Prayoga (2015) telah meneliti strategi optimasi sumber air sungai Cikapundung dan Sungai Cisangkuy terhadap instalasi pengolahan air minum Badaksinga dengan menggunakan koagulan PAC.

Pada tugas Akhir ini akan dilakukan proses pengolahan air minum dengan metode penggabungan pembubuhan koagulan dengan elektrokoagulasi untuk melihat seberapa besar kemampuannya dalam menurunkan parameter kekeruhan sebagai alternatif pengganti sistem koagulasi konvensional yang dilakukan PDAM dengan menggunakan bahan PAC.

1.1 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis efisiensi dari penggabungan proses koagulasi menggunakan koagulan PAC (Poly Alummunium Chloride) dan proses elektrokoagulasi menggunakan plat alumunium untuk menurunkan konsentrasi parameter kekeruhan pada air baku PDAM Tirtawening IPA Badaksinga Bandung.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh waktu elektrokoagulasi serta jumlah dosis koagulan optimal yang diperlukan pada proses koagulasi-elektrokoagulasi.

1.2 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur mengenai proses koagulasi-elektrokoagulasi.
2. Sampel merupakan sampel gabungan dari aliran Sungai Cisangkuy dan dan Sungai Ciliwung yang terletak pada bak pengumpul sebelum proses koagulasi.
3. Melakukan analisis parameter kekeruhan, daya hantar listrik (DHL), dan *total dissolve solid* (TDS).
4. Melakukan proses koagulasi-elektrokoagulasi dan flokulasi pada reaktor kaca dengan sistem *batch* berkapasitas 1 liter. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah elektroda dari bahan alumunium.
5. Pengoperasian koagulasi-elektrokoagulasi dilakukan dengan variasi waktu kontak..
6. Pengoperasian koagulasi-elektrokoagulasi dilakukan dengan variasi jumlah dosis koagulan.
7. Pemeriksaan parameter kekeruhan hasil pengolahan pada skala laboratorium.
8. Analisis efektifitas proses koagulasi-elektrokoagulasi dan membandingkan hasil pengolahan dengan Permenkes nomor 492 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Kualitas Air Minum.
9. Merumuskan kesimpulan dari penggabungan koagulasi-elektrokoagulasi pada reaktor batch kapasitas 1 liter disertai biaya operasional alat.

1.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Sampel air dan sampel lumpur yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari bak pengumpul IPAM Badak Singa PDAM Tirtawening Jl. Badak Singa No. 10 Bandung. Pemeriksaan dan analisis parameter dilakukan di Laboratorium Air, Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Pasundan Jl. Setiabudhi No. 193 Bandung. Waktu penelitian dilaksanakan mulai dari 3 Agustus sampai dengan 27 Desember 2017.

1.4 Sistematika Penulisan Laporan

Laporan penelitian tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, waktu dan tempat penelitian dan sistematika penulisan laporan.

BAB 2 GAMBARAN UMUM

Bab ini menguraikan tentang gambaran umum daerah studi yang terletak di Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Badak Singa PDAM Tirtawening Kota Bandung.

BAB 3 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang menunjang penelitian, bersumber pada literatur dan jurnal yang berkaitan dengan koagulasi dan elektrokoagulasi.

BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang tahapan penelitian untuk mencapai tujuan yang ditetapkan.

BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian data hasil penelitian disertai analisis data dan pembahasannya.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran untuk perbaikan terhadap penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

BAB II

GAMBARAN UMUM

2.1 Profil PDAM Tirtawening

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtawening merupakan salah satu Perusahaan Daerah (PD) di Kota Bandung yang bergerak di bidang pengelolaan air minum dan pengelolaan sarana air limbah di daerah guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang mencakup aspek ekonomi, sosial, kesehatan dan pelayanan umum. Operasional PDAM Tirtawening diatur oleh Peraturan Daerah Kota Bandung no. 15 tahun 2009 tentang Perusahaan Daerah Air Minum Tirtawening Kota Bandung. Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Bandung no. 236 tahun 2009 PDAM Tirtawening menjalankan fungsi sebagai berikut :

- a. Perumusan kebijakan dan strategi usaha pengelolaan air minum dan sarana air kotor.
- b. Melaksanakan pelayanan umum/jasa kepada masyarakat konsumen dalam penyediaan air bersih dan sarana air kotor.
- c. Perencanaan pembangunan dan pemeliharaan sarana dan prasarana air minum dan air kotor.
- d. Pelaksanaan pembangunan, pemeliharaan dan pengawasan sarana dan prasarana air minum dan air kotor.
- e. Pengelolaan keuangan Perusahaan Daerah untuk membiayai kelangsungan hidup Perusahaan Daerah dan pembagunan daerah.
- f. Pengelolaan pegawai PDAM.
- g. Evaluasi dan pelaporan pelaksanaan program kegiatan dan usaha PDAM kepada Walikota melalui Badan Pengawas.

2.1.1 Maksud dan Tujuan

Sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Bandung no. 15 tahun 2009, PDAM Tirtawening didirikan dengan maksud dan tujuan sebagai berikut :

- a) Menyelenggarakan usaha pengelolaan air minum dan air limbah bagi kepentingan umum dalam jumlah dan mutu yang memadai serta usaha lainnya di bidang air minum dan air limbah.

- b) memupuk keuntungan dan melaksanakan penugasan Pemerintah Daerah di bidang air minum dan air limbah dalam rangka menunjang pembangunan dengan menerapkan prinsip-prinsip perusahaan.

2.1.2 Visi dan Misi

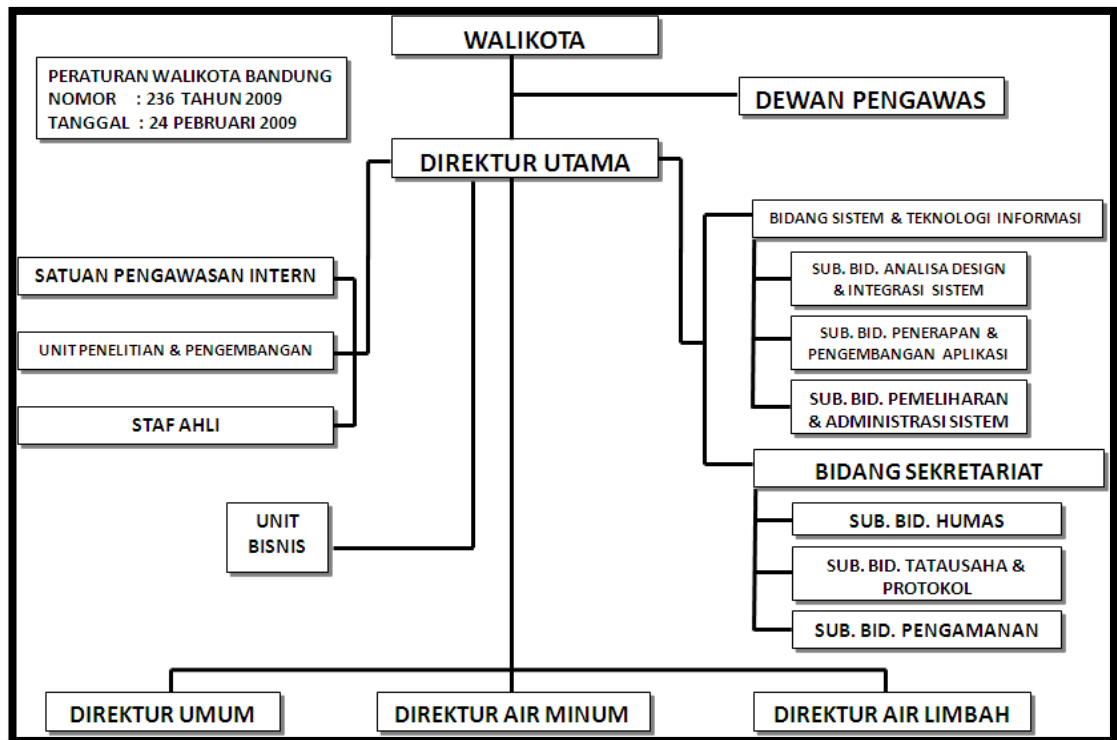
Visi dari PDAM Tirtawening Kota Bandung adalah terpenuhinya kebutuhan masyarakat akan pelayanan air minum dan air limbah yang berwawasan lingkungan, dan berkelanjutan.

Misi dari PDAM Tirtawening dijabarkan sebagai berikut :

- Memberikan pelayanan dan kemanfaatan umum kepada seluruh masyarakat melalui pelayanan air minum dan air limbah yang berwawasan lingkungan.
- Mewujudkan pengelolaan keuangan perusahaan secara mandiri melalui pendapatan yang diperoleh dari masyarakat dan dikembalikan lagi kepada masyarakat guna meningkatkan pelayanan dan penyediaan air minum maupun sarana air limbah.
- Meningkatkan pengolahan kualitas air minum dan air limbah yang sesuai dengan standar kesehatan dan lingkungan.
- Mewujudkan penambahan cakupan pelayanan air minum dan air limbah yang disesuaikan dengan pertumbuhan penduduk kota Bandung.

2.1.3 Struktur Organisasi

Berdasarkan surat peraturan walikota nomor 236 tahun 2009 tentang Susunan Organisasi Dan Tata Kerja Perusahaan Daerah Air Minum Kota Bandung, Operasional pengolahan air minum di PDAM Tirtawening di laksanakan oleh direktur air minum. Adapun struktur organisasi direktur air minum dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Struktur Organisasi PDAM Tirtawening

Sumber:

http://www.pambdg.co.id/new/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=64

Diakses : 5 Januari 2018 (10:21 WIB)

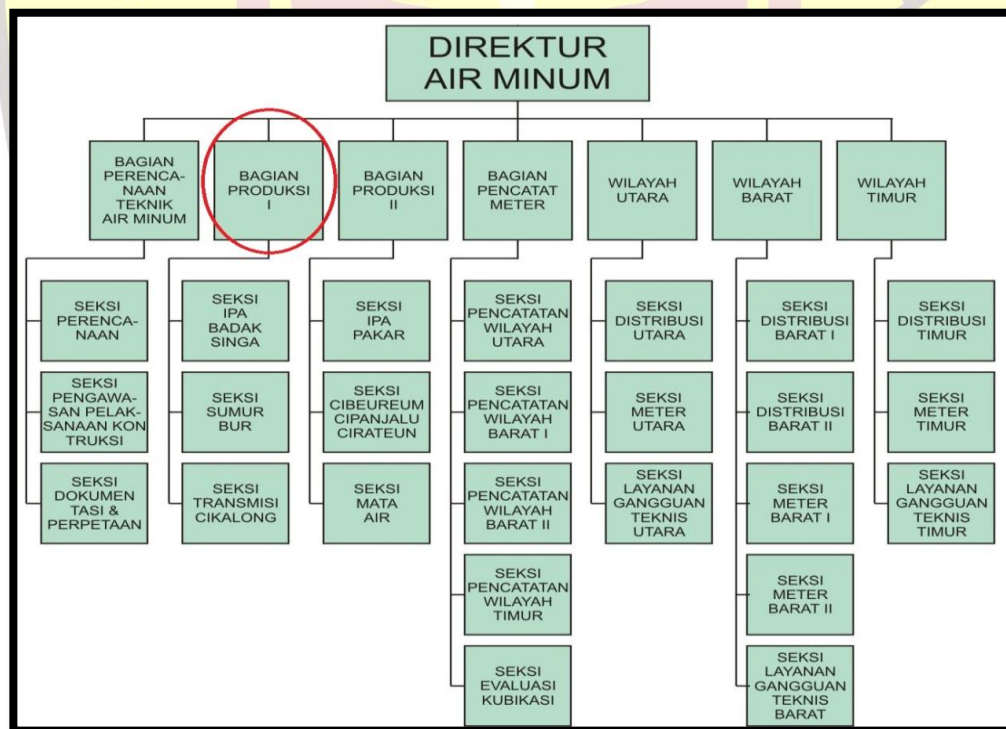
2.2 Direktur Air Minum

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Bandung no. 236 tahun 2009, Direktur Air Minum mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :

- a. membantu Direktur Utama dalam bidang tugasnya.
- b. mengadakan kerja sama yang erat dengan direktur Umum dan Direktur Air Kotor, dalam mengatur, mengawasi, menyediakan fasilitas dan material yang dibutuhkan untuk kelancaran kegiatan dalam bidang operasional.
- c. mengarahkan, mengkoordinir dan mengawasi kegiatan dari bagian perencanaan teknik Air Bersih, Bagian Produksi I, Bagian Poduksi II, Bagian Distribusi, Bagian Meter dan Penertiban Jaringan serta Bagian Pencatatan Meter.
- d. merencanakan dan menetapkan strategi pengembangan dan kebijaksanaan operasional pelayanan air bersih.

- e. mengendalikan pelaksanaan kegiatan konstruksi dan pemeliharaan instalasi air baku, produksi, distribusi dan meter pelanggan.
- f. mengendalikan penertiban penggunaan jaringan distribusi dan instalasi sambungan langganan; mengendalikan upaya-upaya penurunan kehilangan air.
- g. melakukan pembinaan disiplin, karier dan kinerja pegawai lingkup Divis Air Bersih;
- h. menjalin kerjasama dengan instansi terkait dalam rangka keseimbangan penyediaan sumber air baku;
- i. memberikan laporan kepada Direktur Utama secara berkala dan atau sesuai
- j. kebutuhan; dan
- k. melaksanakan tugas-tugas lain yang diberikan oleh Direktur Utama sesuai dengan bidang tugasnya;

Adapun struktur direktur air minum dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2 Struktur Organisasi Direktur Air Minum.

Sumber:

http://www.pambdg.co.id/new2/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=64

Diakses pada 5 Januari 2018 (10:21)

2.3 Bagian Produksi I

Bagian Produksi I merupakan salah satu bagian yang dibawah oleh Direktur Air Minum. Bagian Produksi I yang membawahi beberapa bagian, yaitu :

- a. Seksi Instalasi Pengolahan Air Badaksinga.
- b. Seksi Sumur Bor.
- c. Seksi Transmisi Cikalong.

2.3.1 Seksi Instalasi Pengolahan Air Badaksinga

Berdasarkan tugas pokok dan fungsi yang berlaku di PDAM Tirtawening, Seksi Instalasi Pengolahan Air Badaksinga mempunyai tugas dan wewenang sebagai :

- a. Membantu Kepala Bagian Produksi 1 dalam mbidang tugasnya
- b. Memagi tugas, memberi petunuk kerja dan mengawasi pelaksanaan tugas bawahan.
- c. Mengawasi kontinuitas dan kuantitas penyadapan air dari sungai cikapundung yang dialirkan melalui pipa trasnimis sampai ke instalasi pengolahan dan melaporkan segera kepada atasan jika terdapat gangguan.
- d. Menjalin komunikasi dan koordinasi dengan instansi setempat untuk pengamanan instalasi bangunan sadap dan jalur pipa transmisi, demi kelancara pelaksanaan tugas.
- e. Melaksanakan pengecekan dosis penggunaan bahan kimia dalam proses pengolahan air baku menjadi air minum sesuai dengan standar kualitas yang berlaku.
- f. Memeriksa ketersediaan dan mengusulkan kebutuhan pengadaan bahan kimia dan bahan operasi lainnya yang dibutuhkan kepada atasan.
- g. Melaksanakan pengurusan terhadap bak-bak pengolahan termasuk instalasi bangunan sadap Dago Bengkok secara berkala.
- h. Melaksanakan pencatatan semua data yang terdapat pada panel kontrol peralatan mekanikan dan elektrikl yang ada agar dapat berfungsi dengan baik.
- i. Melaksanakan perawatan dan pemeliharaan semua peralatan-peralatan mekanikal dan elektrikl yang ada agar dapat berfungsi dengan baik.
- j. Melaksanakan perawatan dan pemeliharaan bangunan Instalasi Pengolahan Badaksinga serta instalasi intake berikut pipa transmisi air

baku dari sungai Cikapundung yang diolah di Instalasi Pengolahan Badaksinga.

- k. Memberikan pembimbingan kepada pegawai di lingkungan kerjanya tentang peningkatan disiplin kerja, sikap dan etos kerja dengan mendahulukan sikap keteladanan yang baik dan benar.
- l. Memberikan laporan pelaksanaan tugas kepada Kepala Bagian Produksi I secara berkala dan sesuai kebutuhan.
- m. Melaksanakan tugas-tugas lain yang diberikan oleh Kepala Bagian Produksi I sesuai dengan bidang tugasnya.

Air baku yang digunakan oleh Instalasi Pengolahan Air Badaksinga adalah sungai Cisangkuy dan Sungai Cikapundung dengan debit total air baku yang diambil adalah 2.240 l/dt dari total rencana kapasitas produksi 2400 l/dt. Kapasitas Produksi Instalasi Pengolahan Air Badaksinga ditargetkan mencapai angka 1800 l/dt, namun baru terealisasi sekitar 1377 l/dt. Persentasi produksi yang terealisasi berada di angka 76,5%. (PDAM Tirtawening Kota Bandung). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Kapasitas Produksi Sumber Air Permukaan

NO.	INSTALASI	KAPASITAS		%
		PRODUKSI	TEREALISASI	
1.	IPA BADAKSINGA	1.800 l/dt	1.376,99 l/dt	76,50
2.	IPA DAGO PAKAR	600 l/dt	451,39 l/dt	75,23
3.	MP DAGO PAKAR	60 l/dt	32,94 l/dt	54,90
4.	MP CIBEUREUM	40 l/dt	28,30 l/dt	70,75
5.	MP CIPANJALU	20 l/dt	15,24 l/dt	76,19
6.	MP CIRATEUN	5 l/dt	PIPA DISTRIBUSI RUSAK	
JUMLAH		2.525 l/dt	1.904,86 l/dt	75,44

Sumber:

http://www.pambdg.co.id/new2/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=60

Diakses : 5 Januari 2018 (10:21)

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa IPA Badaksinga merupakan IPA dengan kapasitas produksi paling besar diantara seluruh instalasi PDAM Tirtawening.

2.3.2 Seksi Sumur Bor

Menurut tugas pokok dan fungsi yang berlaku di PDAM Tirtawening, Seksi Sumur Bor mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :

- a. Membantu Kepala Bagian Produksi I dalam bidang tugasnya.
- b. Membagi tugas, memberi petunjuk kerja dan mengawasi pelaksanaan tugas bawahan.
- c. Melaksanakan proses pengolahan air baku menjadi Air Minum sesuai dengan standar kualitas yang berlaku.
- d. Melaksanakan pengecekan dosis penggunaan bahan kimia dalam proses pengolahan secara rutin.
- e. Melaksanakan pengurasan bak reservoir secara berkala.
- f. Memeriksa ketersediaan dan mengusulkan kebutuhan pengadaan bahan kimia dan bahan aerasi lainnya yang dibutuhkan kepada
- g. Melaksanakan monitoring sumur bor produksi secara berkala
- h. Melaksanakan pencatatan semua data yang terdapat pada panel kontrol dan alat ukur lainnya secara berkala.
- i. Melaksanakan perawatan dan pemeliharaan semua peralatan mekanikal dan elektrika yang ada agar dapat berfungsi dengan baik.
- j. Melaksanakan perawatan dan pemeliharaan bangunan instalasi sumur bor berikut unit pengolahannya, peralatan pompa dan peralatan penunjang lainnya.
- k. Memberikan pembimbingan kepada pegawai di lingkungan kerjanya tentang peningkatan disiplin, kinerja, sikap dan etos kerja dengan mendahulukan sikap keteladanan yang baik dan benar.
- l. Memberikan laporan pelaksanaan tugas kepada Kepala Bagian Produksi I secara berkala dan sesuai kebutuhan.
- m. Melaksanakan tugas-tugas lain yang diberikan oleh Kepala Bagian Produksi I sesuai dengan bidang tugasnya.

Untuk pengolahan air baku yang berasal dari air tanah dalam, digunakan sistem aerasi dan filtrasi. Sedangkan desinfektan yang digunakan untuk membunuh bakteri adalah gas klor kaporit. Kualitas air baku ini pada umumnya memiliki kandungan Fe dan Mn diatas standar yang ditetapkan.

Air tanah ini sebagian dimanfaatkan untuk membantu daerah yang tidak terjangkau oleh pelayanan dari Instalasi Induk PDAM. Jumlah sumur air tanah dalam PDAM ada 32 buah dengan sistem pendistribusian secara langsung ke konsumen dengan melalui proses terlebih dahulu sebelumnya.

Tabel 2.2 Kapasitas Produksi Sumber Air Tanah

NO.	INSTALASI	PRODUKSI
1.	SUMUR BOR	104,66 l/dt
2.	MATA AIR	107,00 l/dt

Sumber:

http://www.pambdg.co.id/new2/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=60

Diakses : 5 januari (11:43 WIB)

2.3.3 Seksi Transmisi Cikalong

Menurut tugas pokok dan fungsi yang berlaku di PDAM Tirtawening, seksi Transmisi Cikalong mempunyai tugas dan wewenang :

- Membantu Kepala Bagian Produksi dalam bidang tugasnya.
- Membagi tugas, memberi petunjuk kerja dan mengawasi pelaksanaan tugas bawahannya.
- Mengawasi kontinuitas pengaliran debit air saat penyadapan, transmisi hingga sampai ke instalasi pengolahan.
- Melaksanakan operasi dan pemeliharaan rutin pada bangunan sadap, pipa transmisi dan perengkapannya untuk kuantitas dan kualitas debit air baku.
- Menjalin komunikasi dan koordinasi dengan instansi setempat untuk pengamanan instalasi sadap dan jalur pipa transmisi, demi kelancaran pelaksanaan tugas.
- Melaporkan segera kepada atasan mengenai situasi/kondisi sumber air baku jika terdapat gangguan.
- Melaksanakan pencatatan semua data yang terdapat pada panel kontrol dan alat ukur lainnya secara berkala.
- Melaksanakan perawatan dan pemeliharaan semua peralatan-peralatan mekanikal dan elektrik yang ada agar dapat berfungsi dengan baik.
- Melaksanakan perawatan dan pemeliharaan instalasi bangunan sadap berikut unit pegolahannya, serta area sepanjang jalur pipa transmisi.

- j. Memberikan pembimbingan kepada pegawai di lingkungan kerjanya tentang peningkatan disiplin, kinerja dan etos kerja dengan mendahulukan sikap keteladanan yang baik dan benar.
- k. Memberikan laporan pelaksanaan tugas kepada Kepala Bagian Produksi secara berkala dan sesuai kebutuhan.
- l. Melaksanakan tugas-tugas lain yang diberikan oleh Kepala Bagian Produksi I sesuai dengan bidangnya.

Instalasi Badaksinga merupakan gabungan 2 buah IPA. Instalasi pertama adalah rancangan dari Degremont – Perancis, dibangun sekitar tahun 1954 yang memiliki kapasitas rancangan sebesar 1000 lt/dtt. Instalasi kedua dirancang oleh IWACO – Belanda, memiliki kapasitas rancangan sebesar 800 L/dtk dibangun pada tahun 1990. Dua pipa transmisi air baku sepanjang \pm 32 km (dengan diameter 850 mm dan 800 - 900 mm) memasok air dari sungai Cisangkuy di Cikalong, serta sebuah pipa transmisi tambahan untuk memasok air baku yang diambil dari Sungai Cikapundung.

2.4 Cakupan Pelayanan

Saat ini daerah pelayanan PDAM Tirtawening baru mencakup 69,30% dari 80 % target nasional untuk pelayanan air minum di kota besar. Dengan kata lain, PDAM baru melayani sekitar 1.723.115 penduduk dari sebanyak 2.486.457 penduduk di Kota Bandung. Salah satu penyebab dari tidak tercapainya target pelayanan PDAM Tirtawening Kota Bandung adalah pesatnya laju pertumbuhan penduduk yang berpengaruh terhadap meningkatnya kebutuhan air minum. Berikut adalah tabel jumlah cakupan pelayanan air minum dari sumber air baku yang diolah oleh PDAM Tirtawening Kota Bandung.

Tabel 2.3 Jumlah Cakupan Pelayanan Air Minum

URAIAN	TOTAL (jiwa)	
	SAMB. LANGG	CAKUPAN
Sosial Umum (1A)	1.698	198.800
Sosial Khusus (1B)	223	16.725
Rumah Tangga (2A1)	771	4.626
Rumah Tangga (2A2)	25.566	153.396
Rumah Tangga (2A3)	52.746	316.476
Rumah Tangga (2A4)	41.926	251.556
Instansi Pemerintah (2B)	2.284	91.360
Niaga Kecil (3A)	12.183	304.575
Niaga Besar (3B)	13.214	396.420
Industri Kecil (4A)	254	7.620
Industri Besar (4B)	150	10.500
JUMLAH	151.015	1.723.054
Jumlah Penduduk 2014	2.486.457	69,30 %

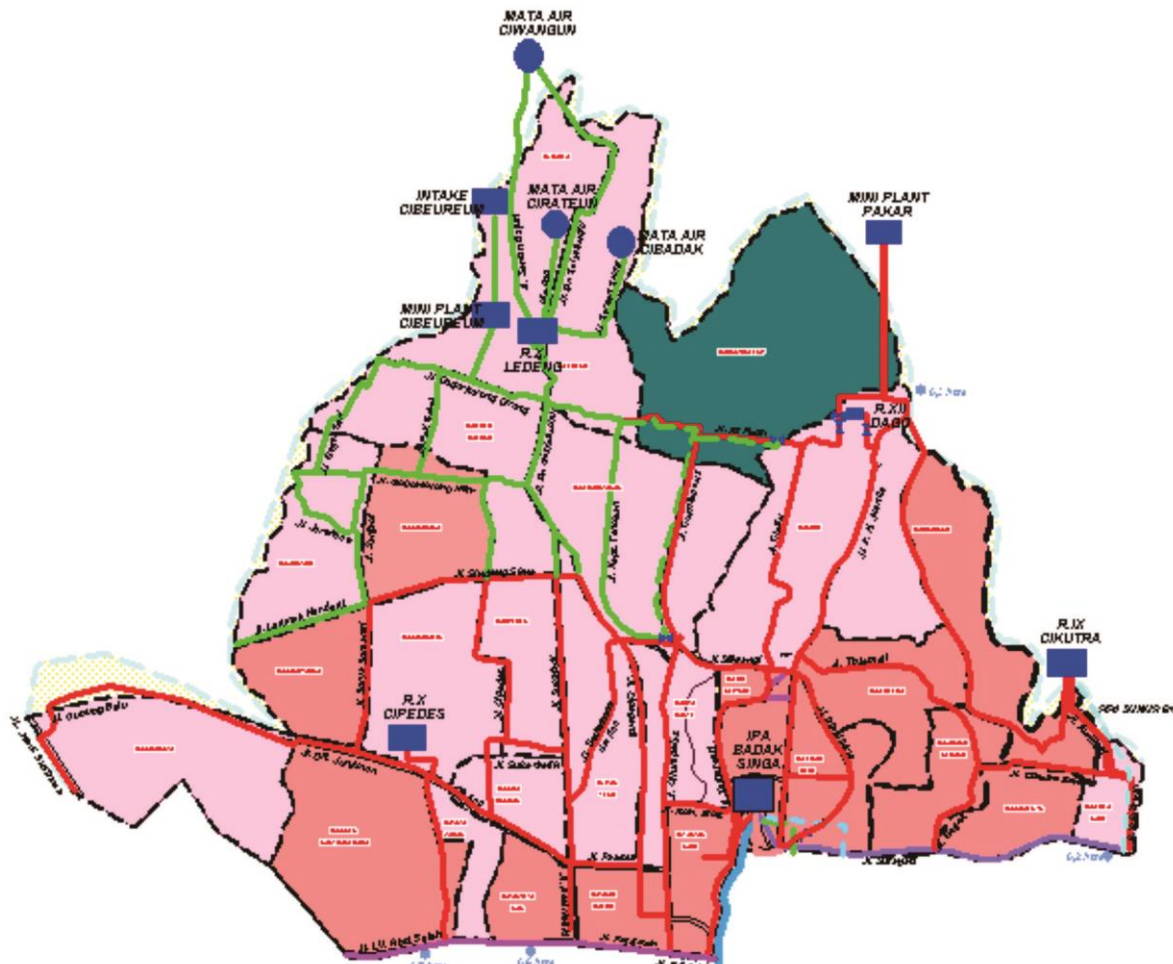
Sumber: <http://www.pambdg.co.id/new2/images/stories/cakupan.jpg>

Diakses : 5 Januari 2018 (11:28 WIB)

Sistem pelayanan pendistribusian kepada pelanggan di bagi ke dalam 4 Wilayah Pelayanan yaitu ;

- Wilayah Bandung Utara
- Wilayah Bandung Tengah Selatan
- Wilayah Bandung Barat
- Wilayah Bandung Timur

Peta distribusi wilayah pelayanan dapat dilihat pada gambar 2.3 – gambar 2.6. Gambar 2.3 merupakan gambar peta distribusi air bersih untuk wilayah utara beserta sumber airnya yang berasal dari reservoir Badaksinga, Reservoir X Cipedes, Reservoir XI Ledeng, Reservoir XII Dago dan Mini Plant Cibeureum. gambar 2.4 merupakan gambar peta distribusi air bersih untuk wilayah tengah selatan beserta sumber airnya yang berasal dari reservoir Badaksinga. Gambar 2.5 merupakan gambar peta distribusi air bersih untuk wilayah barat beserta sumber airnya yang berasal dari reservoir X Cipedes, IPA Baru, Badaksinga dan reservoir IX Cikutra. Gambar 2.6 merupakan gambar peta distribusi air bersih untuk wilayah timur beserta sumber airnya yang berasal dari reservoir Badaksinga, Reservoir IX Cikutra, Mini Plant Cipanjalau dan mata air.



FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
UNIVERSITAS PASUNDAN
2018

KETERANGAN

—	Batas Kota/Kab	—	Jalan Lain
- - - -	Batas Kecamatan	++++	Rel KA
- . - . - .	Batas Kelurahan	—	Sungai
—	Jalan Tol	—	Jembatan
—	Jalan Utama		

KETERANGAN

Light Pink	Air digilir 12 jam di 52 Kelurahan (14 Kel.)
Dark Green	Air digilir 8 jam di 1 Kelurahan (1 Kel.)
Red	Air digilir 24 jam di 31 Kelurahan (12 Kel.)

DOSEN

Dr. Evi Afiatun Ir., MT.
Sri Wahyuni Ir., MT.

NAMA : MUHAMMAD PANDU JATI AMPERA
NRP. : 113050012

GAMBAR

SKALA

Peta Distribusi dan Sumber Air Wilayah Utara

NO. GAMBAR

UKURAN

HALAMAN

2.3

A4

II - 11

SUMBER PETA

PDAM Tirtawening Kota Bandung



FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
UNIVERSITAS PASUNDAN
2018

KETERANGAN

—	Batas Kota/Kab	—	Jalan Lain
- - - -	Batas Kecamatan	++++	Rel KA
- . - . -	Batas Kelurahan	—	Sungai
—	Jalan Tol	—	Jembatan
—	Jalan Utama		

KETERANGAN

■	Air mengalir 12 jam ke 53 Kelurahan (13 Kel.)
■	Air digilir 6 jam di 16 Kelurahan (10 Kel.)
■	Air mengalir 24 jam di 31 Kelurahan
□	Air tidak sampai
■	Air digilir 1 jam di 9 Kelurahan (4 Kel.)
—	Pipa distribusi ke Wil. Barat dari IPA baru

DOSEN

Dr. Evi Afiatun Ir., MT.
Sri Wahyuni Ir., MT.

NAMA : MUHAMMAD PANDU JATI AMPERA
NRP. : 113050012

GAMBAR

SKALA

Peta Distribusi dan Sumber Air Wilayah Barat

NO. GAMBAR

UKURAN

HALAMAN

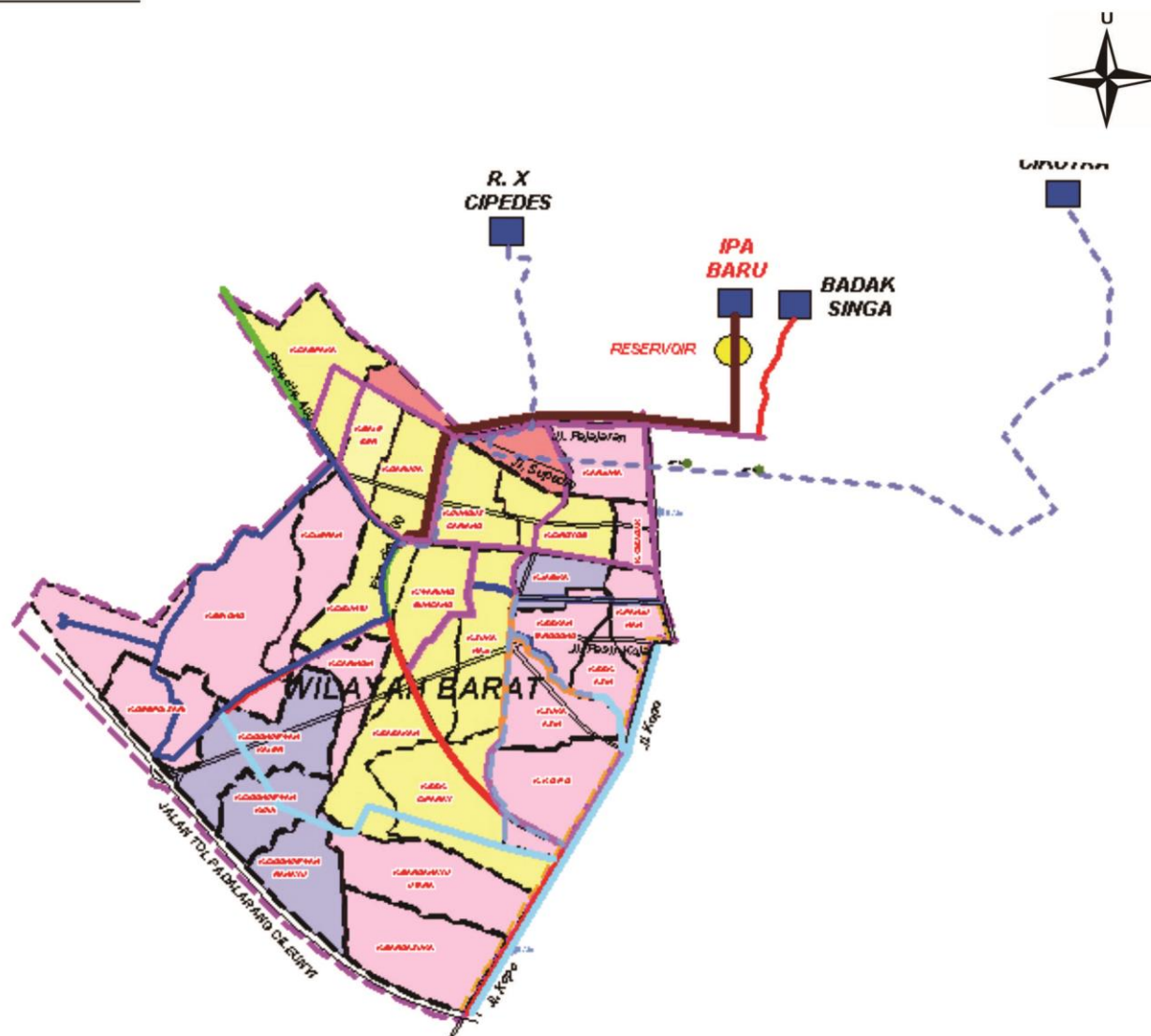
2.5

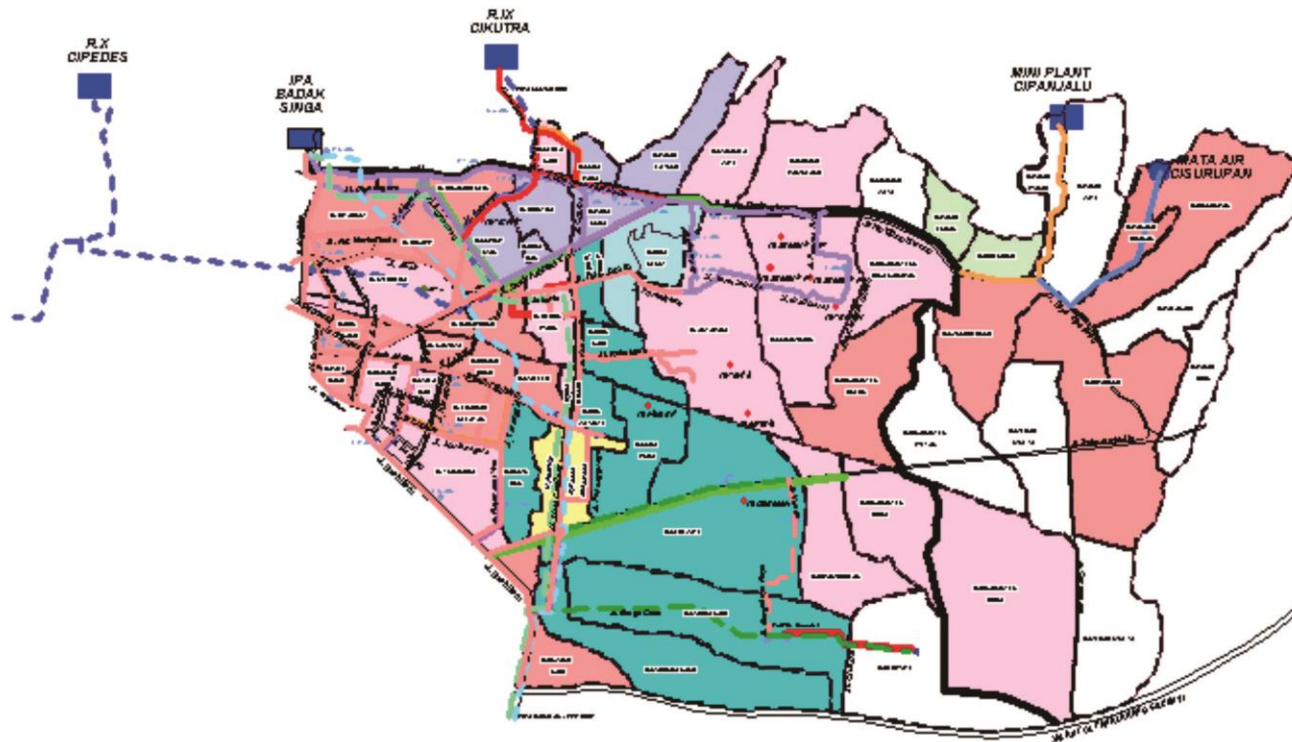
A4

II - 13

SUMBER PETA

PDAM Tirtawening Kota Bandung





FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
UNIVERSITAS PASUNDAN
2018

KETERANGAN

— Batas Kota/Kab	— Jalan Lain
- - - Batas Kecamatan	++++ Rel KA
- - - Batas Kelurahan	— Sungai
— Jalan Tol	— Jembatan
— Jalan Utama	

KETERANGAN

— Air mengalir 12 jam ke 53 Kelurahan (13 Kel.)
— Air mengalir 6 jam di 16 Kelurahan (10 Kel.)
— Air mengalir 24 jam di 31 Kelurahan
— Air tidak sampai
— Air mengalir 1 jam di 9 Kelurahan (4 Kel.)
— Pipa distribusi ke Wil. Timur dari IPA baru

DOSEN

Dr. Evi Afiatun Ir., MT.
Sri Wahyuni Ir., MT.

NAMA : MUHAMMAD PANDU JATI AMPERA
NRP. : 113050012

GAMBAR

SKALA

Peta Distribusi dan Sumber Air Wilayah Timur

NO. GAMBAR

UKURAN

HALAMAN

2.6

A4

II - 14

SUMBER PETA

PDAM Tirtawening Kota Bandung

Adapun pendistribusiannya melalui sistem :

1. Jaringan pipa adalah sistem pendistribusian air melalui jaringan pipa dengan cara gravitasi ke daerah pelayanan.
2. Pelayanan air tangki adalah armada tangki siap beroperasi melayani kebutuhan masyarakat secara langsung selama 24 Jam.
3. Kran Umum dan Terminal Air adalah merupakan sarana pelayanan air bersih untuk daerah pemukiman tertentu yang dinilai cukup padat dan sebagai penduduknya belum mampu menjadi pelanggan air minum melalui sambungan rumah dan menggunakan tarif sosial.

2.5 Kondisi Eksisting Sungai Cikapundung

Sungai Cikapundung, sungai sepanjang 28 kilometer ini, melintasi 11 kecamatan di tiga kabupaten kota, yaitu Kota Bandung, Kabupaten Bandung dan Kabupaten Bandung Barat. Daerah hulu Sungai Cikapundung terletak di daerah Cigulung dan Cikapundung, Maribaya, (Kabupaten Bandung Barat). Sedangkan bagian tengah termasuk Cikapundung Gandok dan Cikapundung Pasir Luyu (Kota Bandung). Sungai Cikapundung bermuara di Sungai Citarum di Baleendah (Kabupaten Bandung) dan menjadi salah satu dari 13 anak sungai utama yang memasok air untuk Sungai Citarum.

Sungai Cikapundung di kanan kirinya “dikepung” oleh bangunan. Sebagian besar bangunan yang merupakan permukiman berada langsung di bantaran sungai. Data BPLH Kota Bandung tahun 2012 menyebutkan ada sekitar 1,058 rumah yang berada dekat dengan bantaran Sungai Cikapundung. Hampir seluruhnya membuang limbah langsung ke sungai. Karenanya sungai Cikapundung ini menerima limbah lebih dari 2,5 juta liter setiap harinya, yang sebagian besar berasal dari limbah rumah tangga.

➤ Pemanfaatan Sungai Cikapundung

Sungai Cikapundung dalam pemanfaatannya, berfungsi sebagai:

1. Drainase utama pusat kota;
2. Penggelontor kotoran dan pembuangan limbah domestik maupun industri sampah kota;
3. Objek wisata Bandung (Maribaya, Curug Dago, kebun binatang dll);

4. Penyedia air baku Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Bandung yang membangun instalasi penyadapan di Dago Pakar, Dago, dan di Badaksinga;
5. Pemanfaatan energi yang dikelola oleh PT Indonesia Power-Unit Saguling yang mendirikan instalansi di PLTA Bengkok dan PLTA Dago Pojok, serta
6. Sebagai sarana irigasi pertanian, namun seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan kota, instalasi tersebut tidak berfungsi secara efektif. (Halimatusadiah, 2012).

Hulu Sungai Cikapundung juga merupakan sumber air baku bagi penduduk Bandung. PDAM Tirtawening Kota Bandung mengolah sekitar 2,700 liter air per detik. Instalasi Pengolahan Air (IPA) Dago Pakar mengolah sekitar 600 liter air yang disuplai dari Bantar Awi. Sedangkan IPA Badaksinga mengolah 400 liter air/detik dari intake Dago Bengkok.

Selain air minum, Sungai Cikapundung juga memiliki pembangkit listrik tenaga air. Tenaga listrik dihasilkan dengan memanfaatkan kekuatan gravitasi air dari air terjun atau arus air. Pembangkit listrik tenaga air di Sungai Cikapundung ini dibangun di Jaman Pemerintah Belanda pada tahun 1923. Ada dua pembangkit yaitu di Bengkok (3 x 1050 KW) dan Dago (1x 700 KW). Menurut data PSDA Jawa Barat, Sungai Cikapundung juga digunakan untuk irigasi, terutama di Kabupaten Bandung dan Kota Bandung.

Berdasarkan data yang diperoleh sub DAS Cikapundung memiliki luas area 43.439,04 Ha, lahan kritis 3.865 ha, Run-off 529,5 juta m³/thn dan sedimentasi 1.023.347 ton/thn.

2.6 Kondisi Eksisting Sungai Cisangkuy

Sungai Cisangkuy, merupakan gabungan beberapa anak sungai yang berasal dari wilayah Kabupaten Bandung (Kecamatan Pangalengan, Banjaran, Baleendah, dan Dayeuh Kolot). Luas DAS Cisangkuy sekitar 252,98 Km² dan panjang sungai dari hulu hingga muara sekitar 44,93 km. Muara sungai Cisangkuy pada sungai Citarum terletak di daerah Dayeuh Kolot.

➤ **Pemanfaatan Sungai Cisangkuy**

Sungai Cisangkuy dalam pemanfaatannya, berfungsi sebagai:

1. Usaha pertanian;
2. Sumber air baku untuk air minum oleh PDAM;
3. Sumber air baku untuk industri;
4. Sumber air baku untuk keperluan perikanan;
5. Pembangkit listrik tenaga air, serta
6. Sebagai sarana irigasi pertanian, namun seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan kota, instalasi tersebut tidak berfungsi secara efektif. (Halimatusadiah, 2012).

Berdasarkan data yang diperoleh sub DAS Cisangkuy memiliki luas area 35.306 Ha, lahan kritis 6.084 ha dan sedimentasi 1.332.692 ton/thn.

2.7 IPAM Badaksinga

Rangkaian pengolahan yang dilakukan di IPAM Badaksinga ini terdiri dari proses penyaringan awal, prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Sumber air baku yang digunakan oleh Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Badaksinga merupakan air permukaan yang diambil dari sungai Cikapundung dan sungai Cisangkuy, dari sungai Cikapundung air dialirkan secara gravitasi dan menggunakan pompa sedangkan dari sungai Cisangkuy air dialirkan secara gravitasi ke instalasi pengolahan. Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) ini bertempat di jalan Badaksinga. Air yang telah diolah digunakan untuk menyuplai Reservoir Badaksinga dengan kapasitas 10.000 m³. Dengan kapasitas reservoir 10.000 m³ maka Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Badaksinga ini dapat melayani suplai air untuk kawasan Bandung Tengah dan Bandung Selatan, yaitu Karees, Tegal lega, Gede bage dan Ujung Berung.

Daerah pelayanan yang bersumber dari Reservoir Badaksinga meliputi Kecamatan Bandung Wetan, Cicendo, Andir, Sumur Bandung, Bandung Kulon, Babakan Ciparay, Bojongloa Kaler, Astana Anyar, Bojongloa Kidul, Sumur Bandung, Lengkon, Bandung Kidul, Cibeunying Kidul, Kiaracondong, Arcamanik, Batununggal dan Cicadas.

Berdasarkan data dari Dinas Kependudukan, jumlah total penduduk di wilayah zona pelayanan air bersih reservoir Badaksinga adalah 1.415.411 jiwa

(Dinas Kependudukan, 2014). Rincian jumlah penduduk per kecamatan dapat dilihat pada Tabel 2.4. Sedangkan pada tabel 2.5 diperlihatkan jumlah pelanggan air minum dan air limbah PDAM Tirtawening Kota Bandung.

Tabel 2.4 Jumlah Penduduk di Wilayah Pelayanan Reservoir Badaksinga

Kecamatan	Jumlah Penduduk
Bandung Wetan	38.708
Cicendo	111.757
Andir	119.674
Sumur Bandung	44.017
Bandung Kulon	137.929
Babakan Ciparay	132.290
Bojongloa Kaler	124.810
Astana Anyar	82.884
Bojongloa Kidul	87.348
Regol	111.211
Lengkong	92.055
Bandung Kidul	59.590
Kiaracondong	132.597
Batununggal	130.900
Cibeunying Kidul	120.530
TOTAL	1.415.411

Sumber : Dinas Kependudukan Kota Bandung, 2014

Tabel 2.5 Jumlah Pelanggan Air Minum dan Air Limbah PDAM Tirtawening
Kota Bandung

NO	TAHUN Year	JUMLAH PELANGGAN AIR MINUM Tot. Cost. of Clean Water	JUMLAH PELANGGAN AIR LIMBAH Tot. Cost. of Sewerage Water
1	2008	140.073	96.257
2	2009	144.112	97.000
3	2010	150.236	97.544
4	2011	153.936	99.426
5	2012	151.045	99.460
6	2013	150.657	102.882

Sumber : PDAM Kota Bandung, 2014

2.8 Pengolahan Kekeruhan Air

Pengolahan kekeruhan air di IPA Badaksinga dilakukan dengan cara koagulasi dengan pembubuhan PAC. Adapun kekeruhan rata-rata harian dari air baku gabungan Sungai Cisangkuy dan Sungai Cikapundung sepanjang tahun 2017 dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6 Kekeruhan Air Baku Rata-Rata PDAM Tirtawening Tahun 2017

Tanggal	Kekeruhan Rata-Rata (NTU)											
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	23	48	81	46	68,5	104,5	73,5	26,5	50,5	40	39	37,5
2	23	27	107	39	37	54,5	36	33	30,5	41,5	34,5	28
3	24	26	50	84	462	101,5	106	29	57,5	80,5	56	22,5
4	25	34	81	57	125,5	66,5	39,5	36,5	33	32,5	105	33
5	27	44	157	46	48	81	35,5	38	29	79,5	71	34
6	39	58	95	68	72	90,5	66	29	35,5	29	1169,5	46,5
7	24	30	210	41	62	30	33	31	40,5	110,5	170	54
8	22	31	123	42	216,5	33	36,5	36,5	54,5	92	69	60,5
9	22	43	79	170	131	51,5	55,5	367,5	35,5	57,5	139	69,5
10	25	37	53	71	43	46	30,5	40	31,5	117,5	96,5	60,5
11	23	132	40	39	35,5	34,5	29	31,5	29,5	280	93	33,5
12	21	74	45	49	26	34,5	32,5	44	57	142	128	35,5
13	60	1162	24	34	55,5	30,5	28,5	26	32,5	37,5	224	68
14	23	46	37	37	24	81	25,5	143	27,5	39,5	147	34
15	22	69	22	46	154,5	56	36,5	46	32,5	34,5	189	101,5
16	31	56	35	41	28,5	38	28,5	28,5	30,5	93,5	168	137,5
17	41	47	44	35	30,5	33	32,5	33	28,5	64,5	80,5	106,5
18	24	36	102	84	26	41	29,5	30,5	31,5	68	72	63
19	28	28	45	83	31	28,5	33,5	41,5	28	129,5	136,5	49,5
20	25	101	37	38	26	30	33,5	33,5	33,5	81	81	30
21	40	50	27	101	28	35	21,5	32	47,5	49	94,5	67
22	96	86	28	100	31	39,5	25	43,5	32	50	67	59,5
23	36	82	23	60	28	37,5	26	46	31	74	38	24,5
24	34	31	29	50	413	27	23	30	33,5	2497,5	29,5	29
25	34	92	34	34	21	31,5	22,5	56	31,5	52	30,5	32,5
26	29	87	28	43	27	46,5	22,5	34,5	128,5	80	30,5	51
27	24	87	48	31	23,5	84	99,5	27,5	51,5	57,5	45	33
28	37	149	49	61	57	53	30,5	44	109	63,5	36	45
29	58		27	56	99,5	41,5	39,5	58,5	47	61,5	33	25,5
30	23		40	94	22	53,5	47	40	93	38,5	29	97
31	34		38		29		24,5	40,5		40		185,5

Sumber : PDAM Kota Bandung, 2017.

Sedangkan kekeruhan tertinggi harian dari air baku gabungan Sungai Cisangkuy dan Sungai Cikapundung sepanjang tahun 2017 dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut :

Tabel 2.7 Kekerusan Air Baku Tertinggi PDAM Tirtawening Tahun 2017

Tanggal	Kekerusan Tertinggi (NTU)											
	Januari	Februari	Maret	Apri	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	25	59	103	60	98	185	106	28	62	49	41	41
2	27	47	211	43	40	82	48	39	32	45	40	32
3	37	36	76	136	900	174	180	32	80	123	75	29
4	32	38	128	87	210	103	44	49	41	38	152	36
5	31	75	482	58	57	124	38	42	32	127	90	36
6	47	89	176	89	112	120	90	32	42	38	2236	63
7	36	36	472	52	87	36	36	37	48	189	255	61
8	25	64	221	55	328	39	39	52	67	127	68	82
9	26	80	93	297	189	78	72	703	39	67	220	102
10	33	42	72	95	47	58	31	45	38	173	112	73
11	26	157	54	49	41	42	33	45	31	525	136	44
12	23	98	54	52	29	39	45	62	79	197	176	43
13	251	383	26	43	83	35	30	32	42	49	369	97
14	26	51	74	39	28	142	29	251	31	42	265	38
15	28	141	24	58	272	69	41	60	38	40	268	175
16	43	103	63	56	38	42	31	32	33	161	241	189
17	45	54	52	40	32	38	40	42	30	75	97	172
18	27	46	196	135	28	57	40	35	35	108	94	89
19	40	31	65	120	42	31	37	58	30	214	152	58
20	32	140	96	40	30	34	48	49	39	92	90	40
21	134	82	29	172	36	52	24	38	58	66	129	102
22	126	195	39	159	34	45	27	63	35	65	72	84
23	51	119	30	71	34	40	28	73	33	80	39	29
24	49	39	33	65	800	30	27	31	37	4950	30	37
25	47	180	39	48	24	35	25	75	36	65	32	35
26	32	125	41	45	30	65	25	46	230	115	32	81
27	26	180	81	40	27	140	180	30	57	68	60	39
28	47	281	62	93	95	70	32	57	184	84	40	68
29	132		31	59	160	49	48	67	62	66	34	27
30	25		75	143	24	74	52	42	111	37	33	171
31	53		55		36		28	46		43		343

Sumber : PDAM Kota Bandung, 2017.

Banyaknya penggunaan PAC besar dipengaruhi oleh nilai kekerusan serta debit air yang akan diolah. Banyaknya PAC yang digunakan untuk mengolah air di IPA Badaksinga sepanjang tahun 2017 dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut :

Tabel 2.8 Penggunaan PAC PDAM Tirtawening Tahun 2017

Tanggal	Penggunaan PAC (kg)											
	Januari	Februari	Maret	Apri	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	4.419,90	5.565,80	7.202,80	4.911,00	6.056,90	7.530,20	7.039,10	5.729,50	5.565,80	8.021,30	5.074,70	5.238,40
2	4.256,20	6.711,70	5.729,50	5.074,70	5.402,10	6.220,60	5.729,50	5.893,20	7.366,50	7.693,90	7.530,20	6.548,00
3	4.419,90	6.220,60	5.565,80	5.074,70	7.366,50	5.893,20	6.384,30	6.711,70	5.893,20	9.003,50	8.021,30	6.056,90
4	4.583,60	5.565,80	5.238,40	4.747,30	7.039,10	6.056,90	7.039,10	5.402,10	4.092,50	7.530,20	10.149,40	5.565,80
5	4.583,60	6.384,30	5.893,20	5.729,50	6.548,00	5.893,20	5.565,80	6.220,60	6.711,70	7.039,10	12.277,50	5.402,10
6	5.402,10	5.074,70	10.149,40	4.092,50	6.384,30	6.875,40	5.893,20	6.384,30	6.056,90	6.711,70	9.330,90	6.548,00
7	4.747,30	4.911,00	9.985,70	4.747,30	6.875,40	5.402,10	5.402,10	5.893,20	6.384,30	8.021,30	10.804,20	6.384,30
8	4.583,60	5.729,50	7.857,60	6.056,90	11.950,10	6.548,00	5.893,20	5.402,10	4.911,00	8.021,30	9.822,00	7.202,80
9	4.092,50	7.039,10	6.384,30	7.693,90	7.366,50	6.548,00	5.729,50	7.039,10	4.911,00	8.348,70	8.185,00	7.366,50
10	5.238,40	5.238,40	5.402,10	6.220,60	6.548,00	5.402,10	5.729,50	7.366,50	5.565,80	8.839,80	7.857,60	8.185,00
11	5.565,80	7.857,60	5.565,80	6.875,40	5.729,50	4.911,00	5.729,50	6.711,70	6.220,60	7.693,90	7.857,60	6.548,00
12	4.747,30	6.875,40	6.220,60	5.565,80	5.565,80	4.911,00	5.074,70	6.384,30	5.729,50	10.967,90	8.839,80	6.384,30
13	4.911,00	7.039,10	6.056,90	6.384,30	5.238,40	4.747,30	6.220,60	6.384,30	4.911,00	8.512,40	10.804,20	6.548,00
14	4.583,60	7.366,50	3.928,80	5.565,80	6.056,90	5.729,50	5.074,70	8.021,30	6.220,60	8.185,00	11.622,70	6.056,90
15	4.911,00	6.711,70	5.402,10	5.074,70	9.822,00	7.039,10	5.402,10	5.565,80	5.402,10	7.857,60	10.640,50	5.565,80
16	3.601,40	6.711,70	4.092,50	4.419,90	6.056,90	6.711,70	5.729,50	5.893,20	5.074,70	6.384,30	9.822,00	6.056,90
17	5.893,20	5.402,10	5.074,70	6.220,60	5.565,80	6.056,90	5.729,50	6.384,30	4.747,30	6.548,00	7.693,90	6.056,90
18	5.238,40	5.074,70	7.039,10	7.039,10	5.074,70	5.565,80	6.220,60	5.729,50	7.039,10	6.056,90	7.530,20	6.220,60
19	6.220,60	6.056,90	6.875,40	7.366,50	5.893,20	5.402,10	6.875,40	5.729,50	4.747,30	6.220,60	11.622,70	5.893,20
20	5.238,40	6.875,40	5.074,70	5.565,80	6.384,30	5.402,10	5.893,20	4.911,00	5.729,50	7.693,90	8.348,70	5.893,20
21	4.256,20	6.548,00	4.583,60	6.875,40	4.911,00	5.565,80	6.056,90	6.548,00	5.565,80	7.857,60	7.530,20	6.384,30
22	5.238,40	4.911,00	3.928,80	5.729,50	5.893,20	5.074,70	5.402,10	6.711,70	5.238,40	6.384,30	7.202,80	6.711,70
23	6.548,00	3.110,30	4.419,90	7.366,50	6.384,30	6.056,90	4.911,00	6.384,30	4.747,30	7.857,60	6.711,70	5.238,40
24	6.056,90	6.210,60	4.092,50	7.202,80	8.839,80	5.729,50	5.565,80	5.238,40	5.729,50	26.028,30	6.220,60	5.893,20
25	4.911,00	6.056,90	5.402,10	6.711,70	6.220,60	5.074,70	5.565,80	5.893,20	4.419,90	8.185,00	5.238,40	5.238,40
26	5.238,40	6.875,40	4.419,90	6.220,60	6.384,30	5.074,70	5.729,50	4.419,90	6.384,30	7.857,60	6.384,30	5.402,10
27	5.402,10	6.384,30	5.402,10	5.402,10	5.565,80	5.729,50	6.384,30	5.565,80	7.202,80	11.459,00	5.238,40	6.056,90
28	4.911,00	6.548,00	6.384,30	6.875,40	6.711,70	6.384,30	5.729,50	4.911,00	6.548,00	8.512,40	5.238,40	6.875,40
29	3.765,10		4.092,50	5.893,20	8.021,30	6.875,40	5.729,50	4.583,60	8.185,00	9.822,00	6.548,00	5.565,80
30	4.583,60		5.565,80	6.548,00	5.893,20	7.693,90	6.875,40	5.893,20	8.021,30	8.839,80	6.220,60	5.074,70
31	5.238,40		5.402,10		5.074,70		5.402,10	6.056,90		10.476,80		6.548,00

Sumber : PDAM Kota Bandung, 2017.



BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Air

Air merupakan kebutuhan yang sangat pokok bagi kehidupan. Semua makhluk hidup memerlukan air. Tanpa air tak akan ada kehidupan. Demikian pula manusia tak dapat hidup tanpa air. Sebagian besar tubuh manusia terdiri dari air. Proses kimia yang terjadi dalam tubuh disebut metabolisme, berlangsung dalam medium air. Molekul air juga ikut dalam banyak reaksi kimia metabolisme. Air merupakan alat untuk mengangkut zat dari bagian tubuh yang satu ke bagian lain. Misalnya darah yang sebagian besar terdiri dari air, mengalir ke seluruh bagian tubuh dan membawa oksigen yang terikat pada sel darah merah ke semua sel dalam tubuh. Air juga diperlukan untuk mengatur suhu tubuh. (Mahida,U.N., 1993).

Penyediaan air bersih untuk kebutuhan manusia harus memenuhi empat aspek dasar (aspek 4K) yaitu dari segi kuantitas, kualitas, kontinuitas dan keterjangkauan. Dari aspek kuantitas; air harus cukup untuk memenuhi segala kebutuhan manusia, dari segi kualitas; air harus memenuhi persyaratan kesehatan terutama untuk air minum, dari segi kontinuitas; air tersebut selalu ada berputar pada siklusnya dan tidak pernah hilang, dan dari segi keterjangkauan; air harus dapat diakses oleh segala kalangan masyarakat pengguna dengan harga yang layak.

Dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Pasal 3, Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.

Pada umumnya rangkaian bangunan pengolahan air minum dan teknologi yang diterapkan tergantung pada kualitas air baku dan hasil akhir dari proses pengolahan air baku yang diinginkan (sesuai dengan standar baku mutu air minum). Sebuah bangunan pengolahan air minum terdiri atas beberapa unit operasi dan unit proses. Unit operasi dan unit proses merupakan suatu unit yang mengolah air minum secara fisik dan kimia tergantung kepada kegunaannya.

3.2 Kekeruhan

Pengeruhan terjadi disebabkan oleh adanya zat – zat koloid yaitu zat yang terapung serta terurai secara halus sekali. Hal itu disebabkan pula oleh kehadiran zat organik yang terurai secara halus, jasad – jasad renik, lumpur, tanah liat dan zat koloid yang serupa atau benda terapung yang tidak mengendap dengan segera. Pengeruhan atau tingkat kelainan adalah sifat fisik yang lain dan unik daripada limbah dan meskipun penentuannya bukanlah merupakan ukuran mengenai jumlah benda – benda yang terapung, sebagai aturan umum dapat dipakai bahwa semakin luar biasa kekeruhan semakin kuat limbah itu. Air cucian di jalanan juga menambah/menghasilkan kekelaman. Kekeruhan diukur dalam bagian – bagian per sejuta dalam ukuran berat atau dengan miligram per liter, namun ukuran – ukuran demikian itu umumnya terbatas pada air dan hanya kadang – kadang dibuat untuk limbah dan selokan. (Mahida, U.N., 1984).

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan – bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan bahan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus). Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, nilai kekeruhan juga akan semakin tinggi. Akan tetapi, tingginya padatan terlarut tidak selalu diikuti dengan tingginya kekeruhan. Kekeruhan dinyatakan dalam satuan unit turbiditas, yang setara dengan 1 mg/L SiO_2 . Peralatan yang digunakan untuk mengukur kekeruhan yaitu Jackson Candler Turbidimeter yang dikalibrasi menggunakan silika. Satu unit turbiditas Jackson Candler Turbidimeter dinyatakan dengan 1 JTU. Pengukurannya bersifat visual, yaitu membandingkan air sampel dengan air standar. Metode lain mengukur kekeruhan yaitu Nephelometri dengan satuan NTU. Konversi antara NTU dan JTU yaitu 40 NTU setara dengan 40 JTU. (Gandjar, G.I., 2007).

Metode pengukuran turbiditas dapat dikelompokkan dalam tiga golongan, yaitu pengukuran perbandingan intensitas cahaya yang dihamburkan terhadap intensitas cahaya yang datang; pengukuran perbandingan cahaya yang diteruskan terhadap cahaya yang datang; pengukuran efek ekstingsi, yaitu kedalaman di mana cahaya mulai tidak tampak di dalam lapisan medium yang keruh. Instrumen pengukur perbandingan Tyndall disebut sebagai Tyndall meter. Dalam instrumen ini intensitas diukur secara langsung. Sedangkan pada nefelometer, intensitas cahaya diukur dengan larutan standar. Turbidimeter

meliputi pengukuran cahaya yang diteruskan. Turbiditas berbanding lurus terhadap konsentrasi dan ketebalan, tetapi turbiditas tergantung juga pada warna. Prinsip spektroskopi absorpsi dapat digunakan pada turbidimeter dan nefelometer. Untuk turbidimeter, absorpsi akibat partikel yang tersuspensi diukur sedangkan pada nefelometer, hamburan cahaya oleh suspensi yang diukur. Meskipun presisi metode ini tidak tinggi tetapi mempunyai kegunaan praktis, sedang akurasi pengukuran tergantung pada ukuran dan bentuk partikel. Setiap instrumen spektroskopi absorpsi dapat digunakan untuk turbidimeter, sedang nefelometer memerlukan reseptor pada sudut 90° terhadap lintasan cahaya. (Khopkar, S.M., 2003).

Turbiditas dalam air diukur dengan efek partikel suspensi dalam sinar lampu. Kesimpulan cahaya metoda analitis diklasifikasikan sebagai nefelometri, dan satu sistem pengukuran turbiditas menggunakan Nephelometric Turbidity Units (NTU). Metoda original nefelometri digunakan sebagai standar lilin, memberikan hasil dalam Jackson Turbidity Units (JTU), dinamakan untuk orang yang mengembangkan standar lilin. Standar turbiditas disiapkan dengan formazin untuk menentukan perbandingan pipa yang memberikan kenaikan ketiga unit turbiditas, FTU. JTU diukur dengan transmisi sinar lampu, sedangkan NTU diukur dengan lampu yang dihamburkan, jadi tidak ada perbandingan di antara kedua unit yang berlaku untuk semua air. (Kemmer, F.N., 1979).

3.3 Koloid

Koloid merupakan suatu sistem dispersi karena terdiri dari dua fasa yaitu fasa terdispersi (fasa yang tersebar halus) yang kontinyu dan fasa pendispersi yang diskontinyu. Fasa terdispersi umumnya memiliki jumlah yang lebih kecil atau mirip dengan zat terlarut dan fasa pendispersi jumlahnya lebih besar atau mirip pelarut pada suatu larutan. Koloid memiliki diameter partikel antara 1 nm – 100 nm. (Myers, D., 2006).

Koloid adalah partikel – partikel yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm dan lebih besar dari pada 0,000001 mm, sepuluh kali diameter atom. Partikel yang berukuran lebih kecil dari 0,0002 mm tidak dapat mengendap dalam air dan untuk yang berukuran antara 0,002 dan 0,0002 mm dapat mengendap sangat lambat (Scott, 1993).

Partikel koloid mempunyai sifat antara lain :

1. Sifat adsorpsi

Partikel koloid terdispersi dalam air dan merupakan partikel yang sangat kecil, selalu dalam keadaan melayang dan tidak mudah diendapkan. Partikel koloid akan bermuatan listrik apabila terjadi penyerapan ion pada permukaan partikel. Peristiwa penyerapan pada permukaan suatu zat disebut adsorpsi.

2. Bermuatan listrik

Pada permukaan partikel koloid terdapat muatan listrik sejenis yang menyebabkan suatu keadaan stabil dimana muatan diantara partikel koloid saling tolak menolak sehingga tidak dapat membentuk partikel yang lebih besar.

3. Sifat hidrasi

Sifat hidrasi yaitu sifat koloid yang mempunyai gaya gabung yang besar terhadap media air. Berdasarkan sifat hidrasi, partikel dapat dibagi dalam 2 golongan yaitu :

1. Koloid Hidrofil

Koloid hidrofil mudah terdispersi dalam air. Kestabilannya disebabkan oleh afinitas yang besar terhadap air dari muatan yang dimilikinya (biasanya negatif). Karena gaya tariknya yang sangat kuat terhadap molekul air, koloid ini membutuhkan dosis koagulan yang lebih besar daripada dosis untuk koloid jenis hidrofob. Contoh dari koloid ini misalnya sabun, larutan kanji, protein terlarut, dan deterjen.

2. Koloid Hidrofob

Koloid ini tidak berafinitas terhadap air, dan menjadi stabil karena muatan yang dimilikinya. Contoh jenis koloid ini adalah metal oksida yang bermuatan positif. Muatan pada koloid didapat dengan cara adsorpsi ion – ion positif dari air. Gaya tolak menolak elektrostatik antar partikel – partikel koloid bermuatan menghasilkan sol yang stabil.

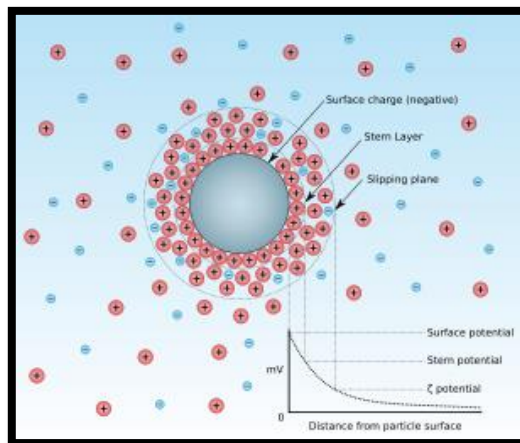
Besarnya muatan koloid tergantung pada jenis bahan koloid dan karakteristik – karakteristik larutan sekelilingnya (Reynolds, 1977). Sifat elektrokinetik dari koloid berdasarkan Fair merupakan suatu gejala yang terjadi jika sepasang elektroda dimasukkan kedalam dispersi koloid dan didalamnya dialirkan arus listrik searah, partikel koloid yang bermuatan negatif akan menuju

anoda (elektroda positif) dan sebaliknya partikel koloid yang bermuatan positif akan menuju katoda (elektroda negatif).

3.3.1 Stabilisasi Koloid

Amirtarajah & O'Melia (1990) dalam Hidayat (2006) mengatakan ada koloid stabil (reversible) contohnya: deterjen, protein, tajin, polimer besar, dan beberapa unsur humik, ada koloid tidak stabil (irreversible) contohnya: tanah liat, oksida metal, dan mikroorganisme. Koloid tidak stabil dikelompokkan berdasarkan laju agregasinya menjadi koloid diturnal (koloid dengan laju pengendapan lambat) dan koloid coducous (koloid dengan laju pengendapan cepat). Pada pengolahan air dan limbah, koagulasi berhubungan dengan agregasi koloid tidak stabil secara termodinamik. Pada stabilitas koloid dan koagulasi, suspensi koloidal tidak mempunyai muatan listrik yang bersih, muatan utama partikel harus diseimbangkan di dalam sistem itu. Partikel koloid bermuatan negatif dengan awan ion (lapisan difusi) disekitar partikel. Ion bermuatan berlawanan yang berkumpul di daerah interfisial bersama-sama muatan utama membentuk suatu lapisan elektrik ganda. Lapisan difusi ini dihasilkan oleh daya tarik elektrostatik ion yang berlawanan terhadap partikel (counterions), tolakan elektrostatik ion bermuatan sama sebagai partikel (similions), dan difusi molekuler atau termal yang melawan gradien konsentrasi akibat efek elektrostatik.

Ketika potensi elektrik dialirkan ke dalam suspensi, partikel bermuatan negatif akan bergerak ke arah elektrode positif. Potensi yang menyebabkan gerakan partikel berhubungan dengan bidang gunting (plane of shear) cairan di sekitar partikel, disebut potensi zeta atau potensi elektrokinetik (Amirtharajah & O'melia, 1990 dalam hidayat, 2006). Konsep potensi zeta ini diperoleh dari teori difusi lapisan ganda; pembungkus ion positif yang tetap dibentuk di atas partikel bermuatan negatif oleh daya tarik elektrostatik. Potensi zeta dapat diperkirakan dari pengukuran elektroforetik mobilitas partikel di dalam medan listrik dengan menggunakan Zetameter. (Amirtharajah & O'Melia, 1990 dalam Hidayat, 2006). Potensi zeta mempunyai nilai maksimum di partikel permukaan dan menurunkan jarak partikel dari permukaan.



Gambar 3.1 Zeta Potensial

Sumber: <https://upload.wikimedia.org>

Selain adanya lapisan difusi ganda dan potensi zeta penting juga untuk dipahami adanya gaya van der Waals sehubungan dengan koagulasi. Ketika dua muatan partikel koloid yang sama berhadapan satu dengan lain, lapisan difusi mereka mulai berinteraksi. Setelah semakin dekat, ada suatu gaya tolak elektrostatis yang meningkat sesuai tingkat kedekatannya. Energi potensial penolakan (y_R) mengalami penurunan yang besar ketika jarak pemisahan partikel meningkat Raju (1995) dalam Hidayat (2006). Gaya tolak tersebut menjaga partikel terhadap agregasi. Secara serentak, ada gaya tarik tersebut ketika partikel koloid mendekat satu sama lain. Gaya tarik ini disebut gaya van der Waals. Keberadaan gaya van der Waals merupakan fungsi komposisi kepadatan koloid dan tidak terikat pada komposisi fase larutan. Gaya van der Waals berkurang dengan cepat ketika jarak antar partikel itu terus meningkat. Energi potensial yang menarik (y_A) juga berkurang seiring dengan meningkatnya jarak antar partikel koloid. Efek muatan pada stabilitas koloid dapat dijelaskan dengan menambahkan energi interaksi menarik dan yang menolak. Jaringan energi interaksi ($y_R - y_A$) dianggap sebagai energi penghalang atau rintangan terhadap agregasi partikel koloid (Amirtharajah & O'Melia, 1990).

Koloid umumnya bermuatan listrik, ada yang positif dan ada yang bermuatan negatif, tergantung dari asalnya. Bila berasal dari bahan anorganik maka muatan listriknya positif, sedangkan yang berasal dari bahan organik muatan listriknya negatif (Razif, 1985 dalam Hidayat, 2006). Supaya koloid mudah diendapkan maka ukuran harus diperbesar dengan cara menggabungkan koloid-koloid tersebut, melalui proses koagulasi-flokulasi, hal tersebut dapat dilakukan dengan

penambahan koagulan atau flokulan. Partikel koloid dipengaruhi oleh dua macam gaya (Hammer, 1977) :

1. Gaya Van Der Waals yang menyebabkan koloid saling tarik-menarik, disebut juga sebagai gaya atraksi.
2. Gaya tolak menolak antar koloid, karena mempunyai muatan listrik yang sama atau disebut gaya repulsi.

Gaya repulsi umumnya lebih besar dari gaya atraksi. Gaya atraksi tidak dapat dipengaruhi dari luar, sebaliknya gaya repulsi adalah gaya yang dapat dipengaruhi dari luar misalnya dengan penambahan muatan elektrolit.

3.3.2 Destabilisasi Koloid

Mekanisme destabilisasi koloid menurut Amirtarajah & O'Melia (1990) dalam Hidayat (2006) dibagi menjadi 4 tipe yaitu: kompresi (penekanan) lapisan ganda, adsorpsi dan netralisasi muatan, penjaringan dalam suatu presipitasi, adsorpsi dan jembatan antar partikel.

a. Kompresi (Penekanan) Lapisan Ganda

Interaksi koagulan terhadap satu partikel koloid murni bersifat elektrostatik. Ion koagulan yang memiliki muatan elektrik yang sama dengan koloid akan ditolak, sedangkan yang memiliki muatan elektrik berbeda akan ditarik. Apabila koagulan dengan konsentrasi tinggi ditambahkan ke dalam dispersi koloid, maka konsentrasi ion berbeda muatan akan meningkat sehingga ketebalan lapisan ganda berkurang. Penipisan lapisan ini cukup untuk menanggulangi rintangan energi, dengan cara ini partikel dapat bergabung. Semakin banyak ion yang berbeda muatan, maka koagulasi semakin cepat terjadi.

b. Adsorpsi dan netralisasi muatan.

Muatan elektrik partikel koloid dapat dinetralisasi oleh molekul yang berbeda muatan yang memiliki kemampuan mengadsorpsi koloid.

c. Penjaringan dalam suatu presipitasi.

Koagulan yang sering digunakan dalam pengolahan air dan air limbah antara lain aluminium sulfat, feri klorida, dan CaO. Konsentrasi koagulan yang memadai atau berlebih, diperlukan untuk membentuk endapan, sehingga partikel koloid dapat dijaring dan mengendap bersama. Partikel

koloid berperan sebagai inti endapan, jadi tingginya laju pengendapan seiring dengan peningkatan partikel dalam air.

d. Adsorpsi dan jembatan antar partikel.

Polimer organik sintetis sering digunakan sebagai agen destabilisasi dalam pengolahan air dan air limbah. Polimer ini mempunyai rantai panjang, muatan polimer dapat menstabilisasi koloid melalui formasi jembatan. Salah satu sisi muatan rantai polimer dapat melekat dan mengadsorpsi pada satu sisi koloid. Sementara sisi molekul polimer lain meluas ke dalam larutan. Bila sisi yang meluas itu berikatan dengan koloid lain, maka dua koloid akan terikat bersama secara efektif dan disebut dengan flok.

3.4 Koagulasi – Flokulasi

3.4.1 Koagulasi

Koagulasi adalah proses destabilisasi partikel – partikel koloid. Partikel – partikel tersebut membentuk lapisan secara kimia yang kemudian diikuti dengan flokulasi. Zat – zat kimia yang digunakan untuk mendestabilkan partikel koloid disebut dengan koagulan. Koagulan yang paling umum dan paling sering digunakan adalah alum (aluminium sulfat) dan garam – garam besi. Karakteristik dari kation multivalensi adalah mempunyai kemampuan menarik koagulan ke muatan partikel koloid. (Proste, R.L., 1997).

Di dalam pengolahan air, proses koagulasi digunakan untuk pembentukan agregat dari suspensi yang tidak stabil menjadi stabil. Ketika sejumlah partikel kecil menggumpal membentuk sebuah partikel besar tunggal, suspensi akan terbentuk dengan laju yang cepat dari partikel individunya karena diameter yang lebih besar. Hal ini terjadi dikarenakan perbedaan massa jenisnya telah menurun akibat adanya air yang terperangkap di antara partikel. Penggumpalan partikel – partikel kecil untuk membentuk partikel yang lebih besar disebut koagulasi. (Mihali, C., 2008).

Dua partikel kecil yang saling berinteraksi satu sama lain umumnya akan saling menempel. Gerak Brown menyatakan bahwa pergerakan molekul dari partikel mikroskopis memastikan bahwa partikel akan saling bertumbukan dan akhirnya partikel suspensi akan terbentuk dan mengendap secara perlahan. (Dean, B.R., 1981).

Proses destabilisasi partikel koloid dikontrol oleh repulsi lapisan rangkap listrik dan antar aksi Van der Waals. Empat metode yang digunakan untuk menggambarkan proses ini adalah penekanan lapisan rangkap listrik (double layer), netralisasi muatan, penjarangan partikel dalam endapan, dan pembentukan jembatan antar partikel. Ketika konsentrasi dari ion pusat di dalam medium dispersi adalah kecil dan ketebalan lapisan rangkap listrik adalah besar. Maka dua partikel koloid yang berdekatan tidak bisa bersatu dengan yang lain disebabkan adanya lapisan rangkap listrik yang tebal, oleh karena itu koloidnya stabil. Namun ketika konsentrasi ditingkatkan, kuatnya tarikan di antara muatan pertama dan ion pusatnya ditingkatkan sehingga menyebabkan lapisan rangkapnya berkurang. Lapisan ini kemudian ditekan secukupnya dengan dilanjutkan penambahan ion pusat. Muatan koloid dapat dinetralkan secara langsung dengan penambahan ion yang mempunyai muatan yang berlawanan yang mempunyai kemampuan mengadsorpsi permukaan koloid. Karakteristik beberapa kation dari garam-garam logam seperti Al(III) dan Fe(III) adalah membentuk endapan ketika ditambahkan ke dalam air. Untuk endapan yang terjadi ini, partikel koloid mengalami nukleasi yaitu pembungkusan koloid sehingga membentuk endapan. Jika beberapa partikel dibungkus dan diikat bersama koagulasi akan menghasilkan jebakan langsung. Metode yang terakhir adalah pembentukan jembatan antar partikel. Sebuah jembatan molekul akan mengikat sebuah partikel koloid pada daerah yang aktif dan partikel koloid kedua pada daerah yang lain. Sisi yang aktif menunjukkan molekul dimana partikelnya diikat dengan ikatan kimia dari koloid yang terjadi sehingga menyebabkan diikatnya koloid sehingga terjadi proses koagulasi (Sincero, 1990).

Koagulasi dengan PAC

Menurut Raharjo dalam Setianingsih (2000), PAC adalah polimer alumunium yang merupakan jenis koagulan baru sebagai hasil riset dan pengembangan teknologi pengolahan air. Sebagai unsur dasarnya adalah alumunium dan alumunium ini berhubungan dengan unsur lain membentuk unit yang berulang dalam suatu ikatan rantai molekul yang cukup panjang. Dengan demikian PAC menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel – partikel koloid sehingga koagulasi berlangsung lebih efisien.

PAC memiliki rantai polimer yang panjang, muatan listrik positif yang tinggi dan memiliki berat molekul yang besar, PAC memiliki koefisien yang tinggi

sehingga dapat memperkecil flok dalam air yang dijernihkan meski dalam dosis yang berlebihan. PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa, sebab PAC memiliki muatan listrik positif yang tinggi sehingga PAC dapat dengan mudah menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid dan dapat mengatasi serta mengurangi gaya tolak menolak elektrostatis antar partikel sampai sekecil mungkin, sehingga memungkinkan partikel – partikel koloid tersebut saling mendekat (gaya tarik menarik kovalen) dan membentuk gumpalan / massa yang lebih besar. Segi positif penggunaan PAC adalah rentang pH untuk PAC adalah 6 – 9. Daya koagulasi PAC lebih baik dan flok yang dihasilkan relatif lebih besar. Konsumsi PAC lebih sedikit sehingga biaya penjernihan air persatuan waktu lebih kecil. Akibat langsung dari proses penjernihan keseluruhan yang lebih singkat adalah kapasitas penjernihan air (dari instalasi yang sudah ada) akan meningkat.

Sedangkan segi negatif penggunaan PAC adalah penyimpanan PAC cair memerlukan kondisi temperature maksimal 40° C. PAC tidak keruh bila pemakaiannya berlebih, sedangkan koagulan utama (seperti aluminium sulfat, besi klorida dan ferro sulfat) bila dosis berlebihan bagi air akan keruh, akibat dari flok yang berlebihan. Maka penggunaan PAC dibidang penjernihan air lebih praktis. PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa. PAC merupakan kelas dari Aluminium Chloride, yang telah dikenal dalam persenyawaan kimia organik kompleks dengan ion hidroksil (-OH) serta ion – ion aluminium bertaraf Chlorinasi yang berlainan sebagai bentuk polynuclear. Rumus umum PAC adalah ($Al_2(OH)_nCl_{6-n}$)_m. PAC digunakan sebagai koagulan dan flokulan dalam suatu proses pengolahan air.

Sifat – sifat PAC :

1. Titik beku = -18° C
2. Boiling point = 178° C
3. Rumus empiris = ($Al_2(OH)_nCl_{6-n}$)_m dengan 1<n<5 dan m<10
4. Specific gravity = 1,19 (20° C) (Oktania, 2005)

3.4.2 Flokulasi

Flokulasi adalah penggabungan dari partikel – partikel hasil koagulasi menjadi partikel yang lebih besar dan mempunyai kecepatan mengendap yang lebih besar, dengan cara pengadukan lambat. Dalam hal ini proses koagulasi

harus diikuti flokulasi yaitu penggumpulan koloid terkoagulasi sehingga membentuk flok yang mudah terendapkan atau transportasi partikel tidak stabil, sehingga kontak antar partikel dapat terjadi. (Sutrisno, 1987).

Proses Flokulasi

Terdapat 3 (tiga) tahapan penting yang diperlukan dalam proses koagulasi yaitu tahap pembentukan inti endapan, tahap flokulasi, dan tahap pemisahan flok dengan cairan.

1. Tahap Pembentukan Inti Endapan

Pada tahap ini diperlukan zat koagulan yang berfungsi untuk penggabungan antara koagulan dengan polutan yang ada dalam air limbah. Agar penggabungan dapat berlangsung diperlukan pengadukan dan pengaturan pH limbah. Pengadukan dilakukan pada kecepatan 60 s/d 100 rpm selama 1 s/d 3 menit; pengaturan pH tergantung dari jenis koagulan yang digunakan, misalnya untuk Alum pH 6 s/d 8, Fero Sulfat pH 8 s/d 11, Feri Sulfat pH 5 s/d 9, PAC pH 6 s/d 9.

2. Tahap Flokulasi

Pada tahap ini terjadi penggabungan inti endapan sehingga menjadi molekul yang lebih besar, pada tahap ini dilakukan pengadukan lambat dengan kecepatan 40 s/d 50 rpm selama 15 s/d 30 menit. Untuk mempercepat terbentuknya flok dapat ditambahkan flokulan misalnya polielektrolit. Polielektrolit digunakan secara luas, baik untuk pengolahan air proses maupun untuk pengolahan air limbah industri. Polielektrolit dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu non ionik, kationik dan anionik; biasanya bersifat larut air. Sifat yang menguntungkan dari penggunaan polielektrolit adalah volume lumpur yang terbentuk relatif lebih kecil, mempunyai kemampuan untuk menghilangkan warna, dan efisien untuk proses pemisahan air dari lumpur (dewatering).

3. Tahap Pemisahan Flok dengan Cairan

Flok yang terbentuk selanjutnya harus dipisahkan dengan cairannya, yaitu dengan cara pengendapan atau pengapungan. Bila flok yang terbentuk dipisahkan dengan cara pengendapan, maka dapat digunakan alat klarifier, sedangkan bila flok yang terjadi diapungkan dengan menggunakan gelembung udara, maka flok dapat diambil dengan menggunakan skimmer.

3.4.3 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi Flokulasi

Untuk mencapai proses koagulasi-flokulasi optimum, maka diperlukan pengaturan semua kondisi yang mempengaruhi proses tersebut, antara lain:

1. Temperatur air

Bila temperatur air menurun maka viskositas air akan membesar. Proses koagulasi flokulasi lebih mudah dilakukan pada temperatur tinggi daripada temperatur rendah. Hal ini disebabkan viskositas air pada temperatur tinggi lebih rendah daripada viskositas air pada temperatur rendah.

2. Derajat keasaman air (pH)

pH merupakan salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi proses koagulasi flokulasi. Keadaan air maupun pH sangat menentukan titik koagulasi optimum.

3. Koagulan

Koagulan adalah substansi (bahan kimia) yang ditambahkan untuk membantu proses koagulasi. Ciri – ciri koagulan antara lain:

- Kation trivalen, umumnya koloid bermuatan negatif sehingga kation trivalen diperlukan untuk menetralisasi muatan.
- Non toksik, dimaksudkan untuk menghasilkan keamanan pada air yang diolah.
- Koagulan yang ditambahkan harus menghasilkan presipitat sehingga ion tidak tertinggal didalam air. Tingkat kekeruhan air baku

4. Jumlah garam – garam terlarut dalam air

Pada umumnya air alam mengandung sejumlah garam, baik organik maupun anorganik dengan komposisi yang berbeda – beda. Besarnya pengaruh garam – garam ini tergantung pada jenis dan konsentrasinya. Biasanya pengaruh garam – garam ini berakibat langsung terhadap proses koagulasi itu sendiri.

5. Kondisi pengadukan

Pengaturan kondisi pengadukan sangat penting untuk tercapainya proses koagulasi flokulasi yang baik. Pencampuran koagulan harus benar – benar merata, sehingga koagulan yang dibubuhkan akan bereaksi dengan partikel – partikel koloid atau ion – ion lain dalam suspensi. Disamping itu, kecepatan pengadukan sangat mempengaruhi dalam pertumbuhan flock. Jika kecepatan pengadukan terlalu lambat, mengakibatkan terlalu lambatnya pertumbuhan

flok dan bila terlalu besar kecepatan pengadukannya akan mengakibatkan pecahnya flok. (Notodarmojo, 1994)

3.5 Elektrokimia

Elektrokimia ialah ilmu yang mempelajari hubungan antara reaksi kimia dengan arus listrik yang terdiri dari sel galvani dan sel elektrolisis. Sel galvani yaitu sel yang menghasilkan arus listrik dimana anoda berfungsi sebagai elektroda yang bermuatan negatif dan katoda bermuatan positif sehingga arus listrik mengalir dari katoda ke anoda. Sementara itu sel elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk dapat berlangsungnya reaksi kimia dimana anoda berfungsi sebagai elektroda bermuatan positif dan katoda bermuatan negatif sehingga arus listrik mengalir dari anoda ke katoda (Riyanto, 2013). Elektrokimia secara umum terbagi dalam dua kelompok, yaitu sel galvani dan elektrolisis.

1. Sel Volta/Galvani

1. terjadi perubahan : energi kimia \rightarrow energi listrik

2. anode = elektroda negatif (-)

3. katoda = elektroda positif (+)

Sel galvani adalah sel elektrokimia yang dapat menghasilkan energi listrik yang disebabkan oleh terjadinya reaksi redoks yang spontan.

2. Sel Elektrolisis

1. terjadi perubahan : energi listrik \rightarrow energi kimia

2. anode = elektroda positif (+)

3. katoda = elektroda negatif (-)

Elektrolisis merupakan proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Komponen yang terpenting dari proses elektrolisis ini adalah elektroda dan elektrolit.

Ciri - ciri reaksi kimia :

- Terbentuknya endapan
- Terbentuknya gas
- Terjadinya perubahan warna
- Terjadinya perubahan suhu atau temperatur.

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit (misal semikonduktor, elektrolit atau vakum). Ungkapan kata ini diciptakan oleh ilmuwan Michael Faraday dari bahasa Yunani elektron (berarti amber, dan hodos sebuah cara).

Anoda dan katoda dalam sel elektrokimia

Elektroda dalam sel elektrokimia dapat disebut sebagai anoda atau katoda. Anoda ini didefinisikan sebagai elektroda dimana elektron datang dari sel elektrokimia dan oksidasi terjadi, dan katoda didefinisikan sebagai elektroda dimana elektron memasuki sel elektrokimia dan reduksi terjadi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung dari tegangan listrik yang diberikan ke sel elektrokimia tersebut. Elektroda bipolar adalah elektroda yang berfungsi sebagai anoda dari sebuah sel elektrokimia dan katoda bagi sel elektrokimia lainnya (Wikipedia bahasa Indonesia).

3.5.1 Elektrolisis Senyawa Organik

Elektrolisis ialah satu bidang elektrokimia yang mengkaji perpindahan elektron di permukaan elektroda. Teknik ini ramah lingkungan sehingga dikenal sebagai satu teknik teknologi hijau masa depan. Teknik elektrokimia merupakan teknologi kimia yang paling inovatif. Teknik elektrolisis merupakan teknik dengan biaya yang rendah dan menghasilkan bahan dengan kemurnian tinggi. Teknik elektrokimia ialah teknik yang menggunakan elektroda sebagai katalis heterogen (*Riyanto, 2013*).

3.5.2 Katalis

Semua reaksi elektrokimia melibatkan katalis, karena dalam reaksi elektrokimia mengandung elektroda yang digunakan sebagai tempat pertukaran elektron yaitu katalis heterogen. Elektroda memainkan peranan sebagai katalis atau lebih tepat menggunakan istilah katalis elektrokimia, karena katalisis ialah reaksi perpindahan elektron (*Kyriacou, 1981 dikutip dari Riyanto, 2013*).

3.5.3 Elektroda

Bagian terpenting dalam teknik elektrolisis ialah elektroda. Secara umum, semua elektroda ialah katalis dan semua reaksi elektrokimia melibatkan katalis heterogen yang dipengaruhi medan listrik. Elektroda yang baik harus mempunyai sifat sifat seperti kestabilan, konduktivitas dan elektrokatalis yang baik. Anoda

yang digunakan untuk oksidasi harus memiliki sifat kestabilan dalam larutan limbah yang dielektrolisis, mudah dihasilkan serta murah harganya. E° adalah nilai potensial elektroda standar pada elektroda yang mengalami reduksi maupun oksidasi. Apabila E° bernilai positif maka cocok diaplikasikan untuk sel galvani, baterai, aki dan fuel sel, sementara apabila E° bernilai negatif maka cocok diaplikasikan untuk elektroplating, elektrodegradasi, elektroanalisis, dan elektrosintetis (Riyanto, 2013). Elektroda dalam proses elektrokoagulasi merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik ke dalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia). Elektroda tempat terjadi reaksi reduksi disebut katoda, sedangkan tempat terjadinya oksidasi disebut anoda. Dari daftar E° (deret potensial/deret volta), maka dapat diketahui bahwa reduksi terhadap air limbah lebih mudah berlangsung dari pada reduksi terhadap pelarutnya (air) seperti : K, Ba, Ca, Na, Mg, Mn, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au. (Hari, 2010).

Tabel 3.1 Potensial Reduksi Standar E° elektroda

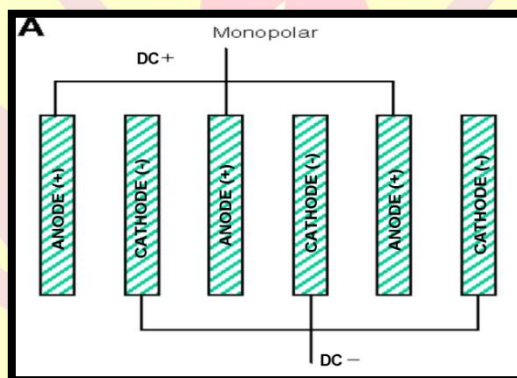
Reaksi reduksi	E°_{red}
$\text{Li}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}(\text{s})$	-3,04
$\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}(\text{s})$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{s})$	-2,38
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s})$	-1,66
$2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	-0,83
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{s})$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$	-0,41
$\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cd}(\text{s})$	-0,40
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{s})$	-0,23
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{s})$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{s})$	-0,13
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$	-0,04
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{Sn}^{4+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}(\text{aq})$	0,15
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+(\text{aq})$	0,16
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	0,34
$\text{Cu}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	0,52
$\text{I}_2(\text{s}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-(\text{aq})$	0,54
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	0,77
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$	0,80
$\text{Hg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Hg}(\ell)$	0,85
$2\text{Hg}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Hg}_2(\text{aq})$	0,90
$\text{Br}_2(\ell) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-(\text{aq})$	1,07
$\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\ell)$	1,23
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	1,36
$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\ell)$	1,78
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$	2,01
$\text{F}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-(\text{aq})$	2,87

Sumber : (Brown et al, 2006 dikutip dari Riyanto, 2013)

3.6 Elektrokoagulasi

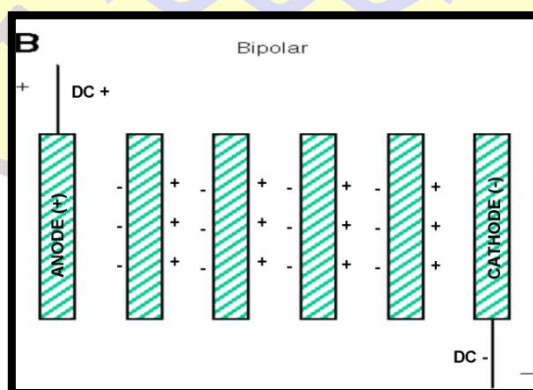
Elektrokoagulasi (EC) adalah teknologi yang memiliki kombinasi fungsi dan keuntungan dari koagulasi, flotasi dan elektrokimia dalam pengolahan air bersih dan pengolahan air limbah. Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi reduksi oksidasi, sebagai akibat adanya arus listrik (DC). Pada reaksi ini terjadi pergerakan ion-ion yaitu ion positif (kation) yang bergerak menuju katoda yang bermuatan negatif. Sedangkan ion-ion negatif (anion) bergerak menuju anoda yang bermuatan positif (Hari, 2010).

Sementara elektrokoagulasi mempunyai 2 jenis rangkaian yang terdiri dari rangkaian *monopolar* yaitu rangkaian dimana arus listrik dialirkan secara paralel pada setiap elektroda dan *bipolar* yaitu rangkaian dimana arus listrik dialirkan langsung atau seri pada elektroda (Al-Abdalaali, 2007).



Gambar 3.2 Elektrokoagulasi Monopolar

Sumber: Al-Abdalaali, 2007



Gambar 3.3 Elektrokoagulasi Bipolar

Sumber: Al-Abdalaali, 2007

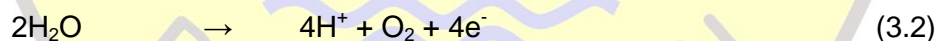
3.6.1 Prinsip Elektrokoagulasi

Pada umumnya senyawa koloid bersifat stabil dan mempunyai muatan negatif. Bila suatu larutan mengandung koloid dialiri arus listrik melalui elektroda, maka arus listrik yang mengalir ini akan mengakibatkan tereduksinya muatan ion yang ada disekitar muatan partikel menjadi netral sehingga mengurangi gaya tolak menolak antar partikel. Dengan demikian jarak antar partikel akan semakin dekat dan terjadilah penggumpalan, inilah yang disebut elektrokoagulasi. Bila proses elektrolisa dilakukan pada larutan yang mengandung koloid, maka koagulasi dapat terjadi. Dalam koloid ini partikel – partikel yang tersuspensi bermuatan negatif, sehingga partikel tersebut akan menarik ion – ion positif (Galunggung, 2006).

Proses elektrolisis terdiri dari reaksi oksidasi dan reduksi dimana untuk mencapai elektrolisis dibutuhkan arus listrik. Elektrokoagulasi menggunakan suatu elektroda atau disebut juga anoda. Untuk menghasilkan ion logam yang berfungsi sebagai koagulan diperlukan beda potensial diantara elektroda. Perbedaan potensial ini diperlukan untuk menimbulkan reaksi elektrokimia pada masing-masing elektroda. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi dimana logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutub negatif (katoda), sedangkan elektroda positif (anoda) akan teroksidasi yang berfungsi sebagai koagulan. (Kuokkanen et al, 2013).

Reaksi elektrokimia dengan logam M adalah sebagai berikut :

- Pada Anoda :



Karena melepaskan e^{-} maka disebut oksidasi

- Pada Katoda :



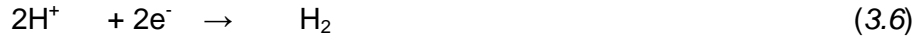
Karena menangkap e^{-} maka disebut reduksi

Reaksi yang terjadi di katoda tergantung pada pH air yang diolah. Pada kondisi netral atau basa, gas hidrogen terjadi dengan reaksi :



Karena menangkap e^- maka disebut reduksi

Sedangkan pada kondisi asam, reaksi pembentukan gas hidrogen adalah sebagai berikut :



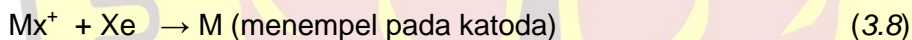
Karena menangkap e^- maka disebut reduksi

Reaksi-reaksi lain yang dapat terjadi di katoda :

1. Larutan yang mengandung ion-ion alkali, alkali tanah, ion Al^{3+} dan Mn^{2+} , maka ion-ion ini tidak direduksi dalam larutan air (karena potensial redoksnya lebih kecil daripada air) sedangkan yang mengalami reduksi hanyalah pelarutnya (air) terbentuk gas H_2 pada katoda.



2. Larutan yang mengandung ion-ion logam lain, maka ion-ion logam tersebut akan direduksi pada katodanya (karena potensial logam tersebut lebih besar dibanding potensial air) dan diendapkan pada permukaan katoda.



Hukum Faraday membuat hubungan antara kuat arus (I) yang mengalir dengan jumlah massa yang terlepas ke larutan, hal ini merupakan pendekatan secara teoritis untuk menghitung jumlah aluminium yang terlepas ke larutan. Adapun rumus dari hukum Faraday adalah sebagai berikut (*Kuokkanen et al, 2013*) :

$$W = \frac{I \times t \times M \times 1000}{z \times F} \quad (3.9)$$

Dimana :

- W = berat aluminium yang larut (mg)
- I = kuat arus yang digunakan (Ampere)
- t = waktu kontak (detik)
- M = berat molekul aluminium, yaitu 27 gram.Mol
- z = valensi aluminium, yaitu 3
- F = konstanta Faraday, 96500 Coulomb/mol

Hal ini untuk menentukan jumlah anoda yang teroksidasi pada pengaplikasian Elektrokoagulasi. Fenomena ini menunjukkan efisiensi hukum faraday. Untuk mengetahui kuat arus yang ada dalam permukaan elektroda dapat dihitung dengan rumus (Sihotang, 2010) :

$$Ra = \frac{I \text{ (Ampere)}}{L \text{ (M}^2\text{)}} \quad (3.10)$$

Dimana :

Ra = Rapat Arus (Ampere/m²)

I = kuat arus yang digunakan (Ampere)

L = Luas permukaan elektorda (m²)

Untuk mengetahui efisiensi pada permukaan elektroda dapat dihitung dengan rumus (Sihotang, 2010) :

$$Re\% = \frac{\varepsilon m \text{ percobaan}}{m \text{ teori faraday}} \times 100\% \quad (3.11)$$

Dimana :

Re = Effisiensi elektroda (%)

$\varepsilon m \text{ percobaan}$ = Selisih berat Plat alumunium yang ditimbang (mg)

$m \text{ teori faraday}$ = alumunium yang larut (mg)

Sementara untuk mengetahui efisiensi penyisihan pencemar dapat dihitung dengan rumus (EPCM, 2006) :

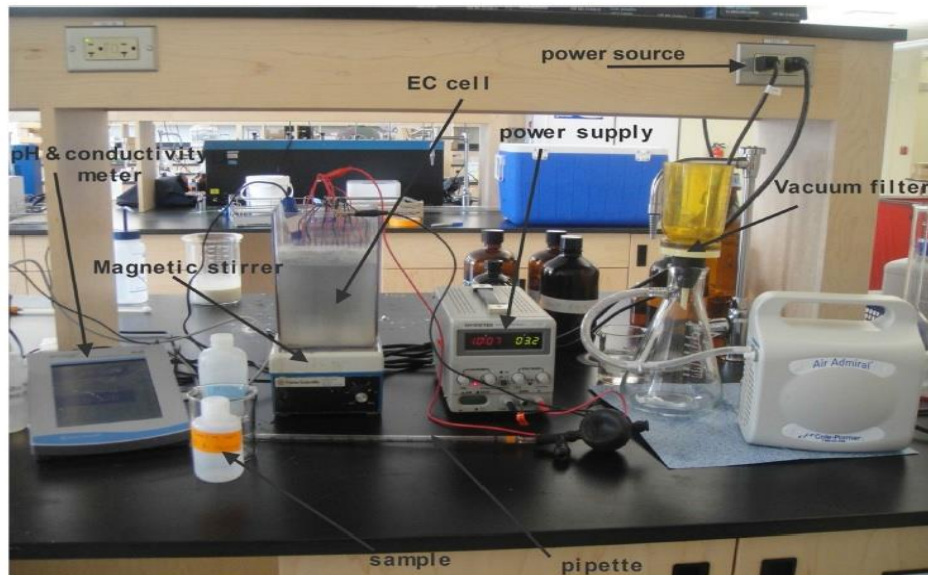
$$R\% = \frac{C_{in} - C_{ef}}{C_{in}} \times 100\% \quad (3.12)$$

Dimana :

R = Effisiensi penyisihan (%)

C in = konsentrasi pencemar influen

C ef = konsentrasi pencemar efluen

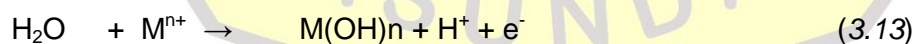


Gambar 3.4 Reaktor Elektrokoagulasi

(EC cell at Env. Eng. Labs, Dalhousie Univ., Canada, (2010) dikutip dari Al-Abdalaali, (2007))

3.6.2 Proses Degradasi Pada Elektrokoagulasi

Degradasi limbah secara elektrokimia terjadi saat anoda mengalami reaksi oksidasi sementara katoda akan membentuk senyawa fenol atau gugus OH. Oksidasi fenol secara elektrokimia dapat memecahkan cincin induk benzene. Apabila terjadi oksidasi di air maka logam akan membentuk radikal hidroksil. Radikal hidroksil adalah radikal utama yang melakukan inisiasi degradasi pada gugus benzene menjadi lebih sederhana. Pada permukaan anoda (oksidasi) , logam akan melepaskan elektron positifnya dari anoda untuk mengikat OH^- yang bermuatan negatif dari katoda, disinilah akan terbentuk koagulan dari proses elektrokimia. Reaksi terbentuknya senyawa radikal hidroksi yaitu (Riyanto, 2013):



Karena melepaskan e^- maka disebut oksidasi

3.6.3 Elektrokoagulasi dengan Elektroda Alumunium

Alumunium menghasilkan hidrolisis yang kemudian dapat mendestabilisasi beban pencemar untuk mengolahnya. Destabilisasi tercapai sebagian besar pada 2 mekanisme. Pertama menetralsir beban pencemar atau menetralsir partikel koloid oleh hasil hidrolisis kation. Yang kedua melalui flokulasi, dimana alumunium akan mengikat dan menyisihkan yang akan

membentuk presipitat hidroksida. Beberapa faktor yaitu pH mempunyai pengaruh yang relatif penting dalam menetralisasi beban pencemar dan proses flokulasi. Gelembung kecil (H_2 dan O_2) dilepaskan pada permukaan elektroda yang menyebabkan proses elektroflotasi oleh penggumpalan yang melekat pada elektroda sebagian besar terbawa ke permukaan air. Reaksi elektrokimia dengan logam aluminium sebagai anoda sekaligus katoda adalah sebagai berikut (Kuokkanen et al, 2013):

- Pada Elektroda Positif (Anoda)



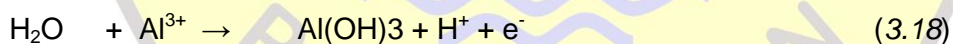
Karena melepaskan e^- maka disebut oksidasi

- Pada Elektroda Negatif (Katoda)

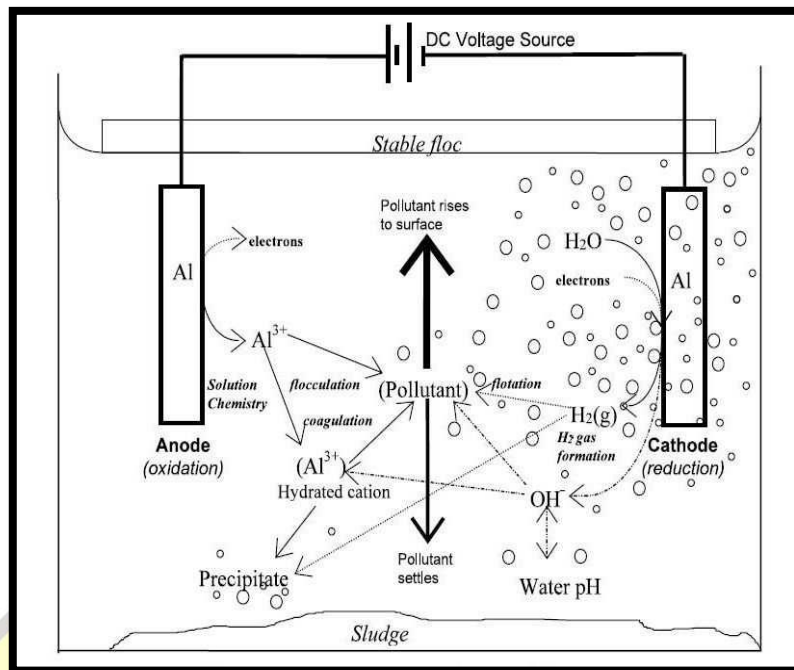


Karena menangkap e^- maka disebut reduksi

Sementara Pada permukaan anoda (oksidasi), logam aluminium akan melepaskan elektron positifnya dari anoda untuk mengikat OH^- yang bermuatan negatif dari katoda, disinilah akan terbentuk senyawa $Al(OH)_3$ radikal hidroksi atau koagulan dari proses elektrokimia. Reaksi terbentuknya senyawa radikal hidroksi yaitu :



Karena melepaskan e^- maka disebut oksidasi



Gambar 3.5 Prinsip Elektrokoagulasi Alumunium

Sumber : www.researchgate.net

3.6.4 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Reaksi Elektroda

Secara garis besar, faktor yang mempengaruhi reaksi elektroda dapat dibagi atas 5 variabel (Lasmi, 1994 dikutip dari Rezka, 2008) :

1. Variabel elektroda, contoh : jenis, luas permukaan, kondisi permukaan, jarak elektroda.
2. Variabel perpindahan massa : cara berpindah (difusi/konveksi), konsentrasi permukaan, adsorpsi.
3. Variabel larutan yaitu konsentrasi spesi elektroaktif dalam bagian terbesar larutan, konsentrasi spesi spesi lainnya, dan sifat pelarut.
4. Variabel listrik yaitu potensial, arus, tegangan.
5. Variabel luar yaitu temperatur dan waktu.

3.7 Penelitian Terdahulu

2.7.1 Koagulasi dengan koagulan PAC

- **Jenis dan Dosis Koagulan**

Koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3.2 Koagulan yang umum digunakan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi Dengan Air	pH Optimum
Aluminium sulfat, Alum sulfat, Alum, Salum	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, $x = 14,16,18$	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Sodium aluminat	NaAlO_2 atau $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$	Cairan, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Ferri sulfat	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	4 – 9
Ferri klorida	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Bongkah, cairan	Asam	4 – 9
Ferro sulfat	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	> 8,5

Sumber : Henro David P, (2010)

Penelitian yang dilakukan Prayoga (2015) mengenai perbandingan penggunaan koagulan PAC terhadap parameter kekeruhan air baku dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.3 Dosis Optimum Metode Jartest Dengan dan Tanpa Pengendapan Awal

Tanpa Pengendapan Awal		Dengan Pengendapan Awal		
Kekeruhan (NTU)	dosis optimum (ppm)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan setelah pengendapan (NTU)	Dosis Optimum (ppm)
634	98	606	111	40
543	94	514	77	38
435	90	450	70	38
374	60	361	64	30
231	36	223	53	32
147	28	147	47,29	24
99	18	84	36,9	14
25,35	16	28,73	20,98	14

Sumber : Prayoga (2015)

Menurut Prayoga (2015), perbandingan dosis metode jartest dengan dan tanpa pengendapan pada kekeruhan awal memiliki selisih yang cukup besar pada kekeruhan yang tinggi (>400 NTU). Ini disebabkan karena pada kekeruhan yang tinggi dengan pengendapan bisa menurunkan tingkat kekeruhan yang signifikan sehingga dosis yang digunakan pun menjadi sedikit.

- **Pengadukan**

Magnetic Stirrer dan *Flocculator* merupakan unit yang akan digunakan untuk mengaduk larutan sampel agar konsentrasi koagulan menjadi homogen dan tersebar merata dalam larutan. Penelitian yang dilakukan oleh Novita (2012)

untuk mengetahui perbedaan penggunaan pengadukan dan tanpa pengadukan, diketahui bahwa hasil terbaik didapatkan dengan kondisi penggunaan pengadukan dengan kecepatan 150 rpm ketika elektrokoagulasi berlangsung selama 45 menit dilanjutkan pengadukan lambat 50 rpm tanpa dialiri listrik selama 3 menit.

- **Waktu Pengendapan**

Pengamatan terhadap lama pengendapan dilakukan dengan mengamati *interface* permukaan flock dengan air pada waktu tertentu. Percobaan yang dilakukan Effendi (2014) dengan menggunakan gelas ukur 1 Liter tinggi 29,7 cm. Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa pengendapan optimum terjadi pada menit ke 15 dengan kecepatan pengendapan 0.1176 cm/detik.

2.7.2 Elektrokoagulasi

- **Tegangan dan Arus Listrik**

Pelepasan ion Al^{3+} yang berasal dari elektroda sangatlah dipengaruhi oleh besarnya arus yang mengalir pada elektroda. Dari penelitian yang dilakukan Novita (2012) dapat dilihat bahwa penurunan kekeruhan semakin besar seiring dengan meningkatnya kuat arus yang dialirkan.

Tabel 3.4 Pengaruh Kuat Arus Terhadap Efisiensi Penurunan Kekeruhan pada Air Baku

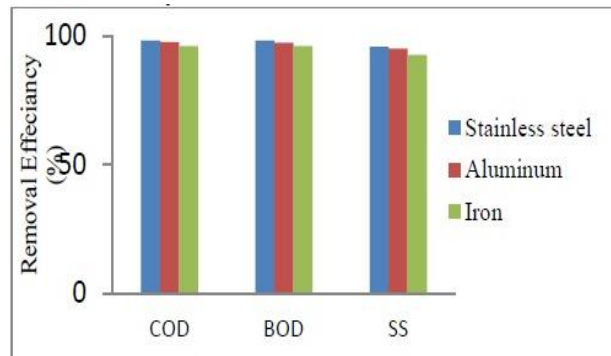
No	Arus (A)	Waktu (menit)	Suhu ($^{\circ}C$)	Ph	DHL ($\mu S.cm^{-1}$)	Kekeruhan (NTU)	Penurunan Kekeruhan (%)
1	0.35	15	25.2	7.2	53	35.58	44.4
2	0.5	15	25.6	7.2	52	33.72	47.3
3	1	15	25.9	7.15	52	32.064	49.9
4	2	15	26	7.1	53	28.88	54.86
5	3	15	26.3	7.1	53	24.24	62.11

Sumber: Novita, 2012

- **Jenis Elektroda**

Elektroda yang digunakan pada proses elektrokoagulasi terdapat beberapa jenis logam. Setiap jenis elektroda memiliki efisiensi yang berbeda dalam penyisihan polutan. Berikut ini adalah hasil percobaan yang dilakukan oleh Nasrullah et al (2012) yang memperlihatkan perbedaan efisiensi tiga jenis

elektroda yaitu besi, alumunium, dan *stainless steel* dengan menggunakan waktu elektrokoagulasi 30 menit dan kerapatan arus 1816 A/m².



Gambar 3.6 Perbedaan Jenis Elektroda

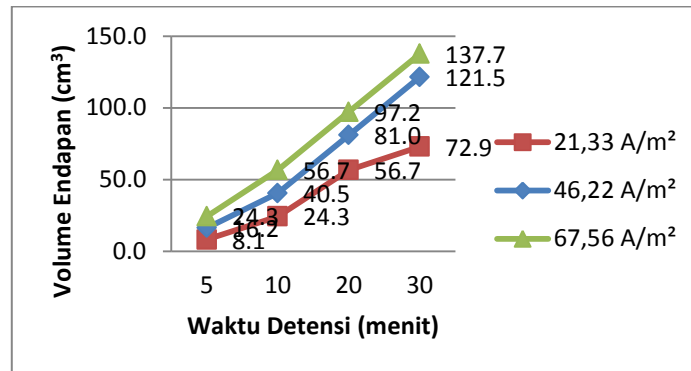
Sumber : Nasrullah et al, 2012

- **Jarak Elektroda**

Jarak elektroda berkaitan dengan hambatan listrik yang terbentuk yang mempengaruhi besarnya arus yang mengalir di elektroda. Pada penelitian yang dilakukan oleh Mitiasari (2015), dengan variasi jarak antar elektroda sebesar 1 cm; 1,5 cm; dan 2 cm pada variasi waktu elektrolisis 60 menit, didapatkan kondisi optimum untuk jarak antar elektroda sebesar 1,5 cm dengan persentase penghilangan warna sebesar 96% untuk elektroda plat alumunium. Pada jarak elektroda 1 cm penghilangan lebih rendah dari 1,5 cm karena celah antara anoda dan katoda terlalu rapat sehingga aliran cairan terhambat. Akumulasi partikel dan gelembung padat antara anoda dan katoda menyebabkan tingginya hambatan listrik sehingga arus menjadi kecil. Pada Saputra & Hanum (2016), disebutkan pula jika jarak antara elektroda terlalu dekat akan menyebabkan jumlah koagulan yang meningkat. Namun sistem akan mengalami gangguan akibat hubungan singkat antar elektroda.

- **Kerapatan Arus dan Waktu Kontak**

Jumlah Elektroda, kuat arus, dan dimensi elektroda berhubungan dengan kerapatan arus (*Current Density*). Dalam proses elektrokoagulasi, semakin lama waktu detensi dan semakin tinggi kuat arus yang dialirkan, semakin tinggi pula penyisihan polutan. Adapun hasil percobaan yang dilakukan Fabian (2017), mengenai perbandingan variasi kerapatan arus 21,33 A/m² – 67,56 A/m² A terhadap waktu detensi dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini.



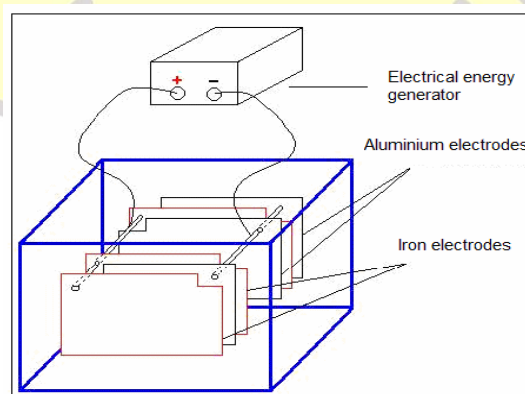
Gambar 3.7 Grafik Perbandingan Volume Endapan Pada Tiap Waktu Detensi

Sumber : Fabian, 2017.

Menurut Fabian (2017), penurunan kekeruhan pada berbagai variasi kerapatan arus memiliki tren yang sama. Pada awal percobaan hingga menit ke-10 terjadi penyisihan kekeruhan yang sangat cepat, kemudian relatif konstan bahkan mendekati *steady state* hingga menit ke-60. Tingkat penyisihan terbesar terjadi pada kerapatan arus yang lebih besar. Hal ini berkaitan dengan proses oksidasi elektrolisis pada elektroda aluminium. Semakin besar kerapatan arus yang diberikan maka semakin besar pula efisiensi yang dihasilkan.

- **Desain Rangkaian**

Rangkaian Elektrokoagulasi mempunyai 2 jenis rangkaian yang terdiri dari rangkaian *monopolar* yaitu rangkaian dimana arus listrik dialirkan secara paralel pada setiap elektroda dan *biopolar* yaitu rangkaian dimana arus listrik dialirkan langsung atau seri pada elektroda (Al-Abdalaali, 2007).



Gambar 3.8 Rangkaian Elektrokoagulasi

Sumber : Morante, 2002 dikutip dari Zaleschi et al, 2012.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

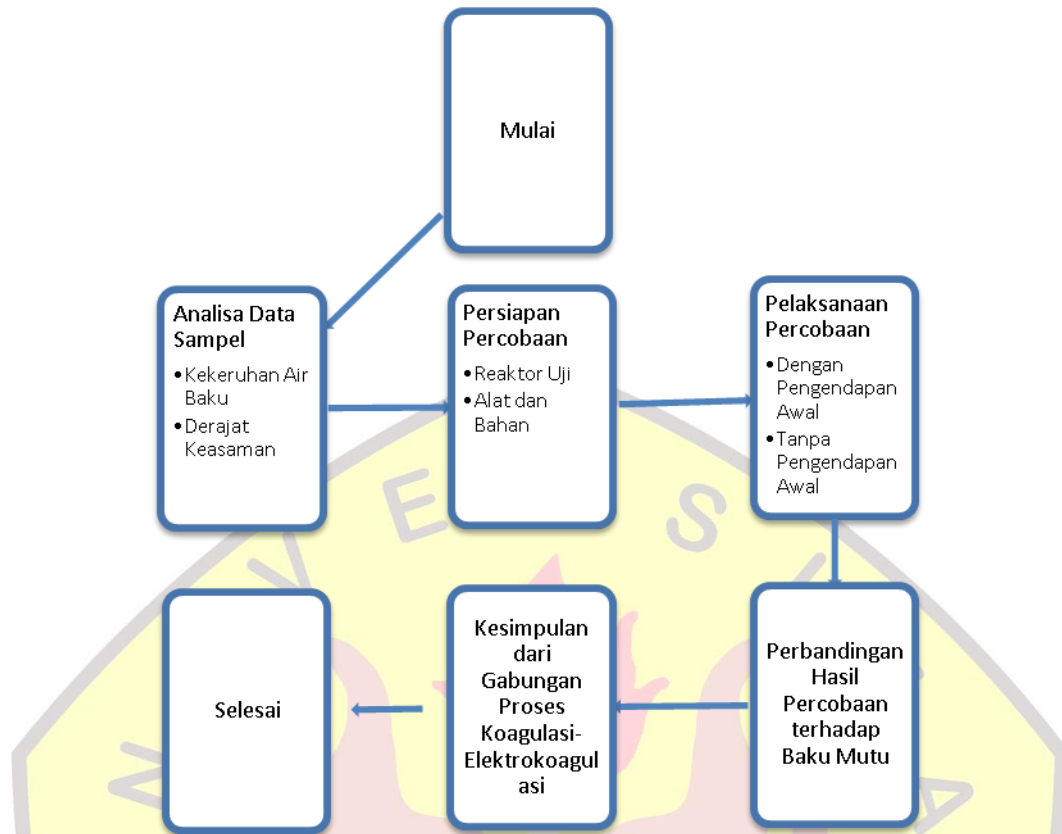
Penelitian yang dilakukan dikategorikan dalam jenis penelitian eksperimen, yaitu kegiatan yang bertujuan untuk mengetahui suatu gejala atau pengaruh yang timbul, sebagai akibat dari adanya percobaan atau trial (Notoatmodjo, 2010). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi gabungan dari proses elektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda alumunium dan koagulasi dengan menggunakan koagulan PAC untuk menurunkan parameter kekeruhan pada air baku PDAM Tirtawening IPA Badaksinga Bandung.

4.2 Metode Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Analisa fluktuasi dan kualitas air baku IPAM Badaksinga
- Persiapan percobaan
- Pelaksanaan percobaan dengan variabel dan variasi kekeruhan, waktu kontak elektrokoagulasi dan dosis PAC.
- Hasil Optimum dibandingkan dengan Standar Air Baku
- Kesimpulan Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut :



Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

4.2.1 Penentuan Variasi Kekeruhan.

Analisa fluktuasi air baku digunakan untuk menentukan variasi parameter kekeruhan. Adapun variasi parameter kekeruhan ditentukan berdasarkan analisa data sekunder parameter kekeruhan air baku di Instalasi Pengolahan Air Badaksinga, PDAM Tirtawening. Berikut ini merupakan data parameter kekeruhan air baku tiap bulan di IPA Badaksinga :

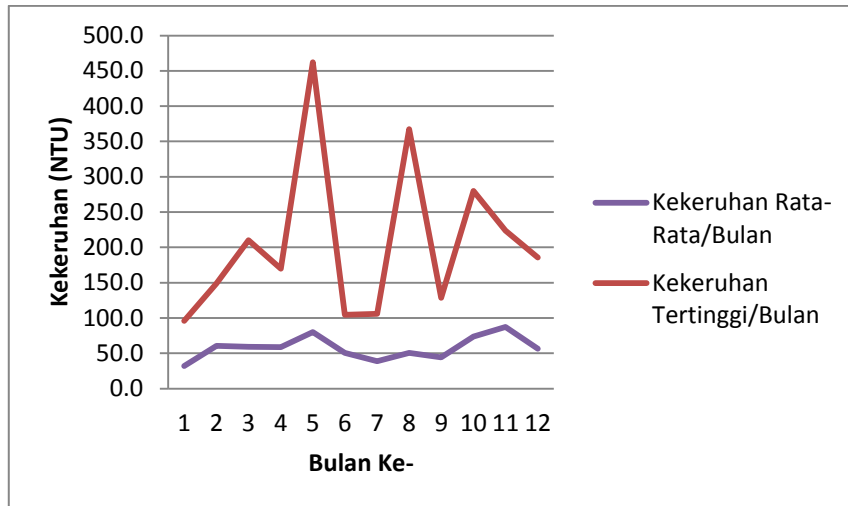
Tabel 4.1 Kekeruhan Rata - Rata Air Baku IPA Badaksinga 2017

Tanggal	Kekeruhan Rata-Rata (NTU) / Bulan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	23	48	81	46	69	105	74	27	51	40	39	38
2	23	27	107	39	37	55	36	33	31	42	35	28
3	24	26	50	84	462	102	106	29	58	81	56	23
4	25	34	81	57	126	67	40	37	33	33	105	33
5	27	44	157	46	48	81	36	38	29	80	71	34
6	39	58	95	68	72	91	66	29	36	29	-	47
7	24	30	210	41	62	30	33	31	41	111	170	54

Tanggal	Kekeruhan Rata-Rata (NTU) / Bulan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	22	31	123	42	217	33	37	37	55	92	69	61
9	22	43	79	170	131	52	56	368	36	58	139	70
10	25	37	53	71	43	46	31	40	32	118	97	61
11	23	132	40	39	36	35	29	32	30	280	93	34
12	21	74	45	49	26	35	33	44	57	142	128	36
13	60	-	24	34	56	31	29	26	33	38	224	68
14	23	46	37	37	24	81	26	143	28	40	147	34
15	22	69	22	46	155	56	37	46	33	35	189	102
16	31	56	35	41	29	38	29	29	31	94	168	138
17	41	47	44	35	31	33	33	33	29	65	81	107
18	24	36	102	84	26	41	30	31	32	68	72	63
19	28	28	45	83	31	29	34	42	28	130	137	50
20	25	101	37	38	26	30	34	34	34	81	81	30
21	40	50	27	101	28	35	22	32	48	49	95	67
22	96	86	28	100	31	40	25	44	32	50	67	60
23	36	82	23	60	28	38	26	46	31	74	38	25
24	34	31	29	50	413	27	23	30	34	-	30	29
25	34	92	34	34	21	32	23	56	32	52	31	33
26	29	87	28	43	27	47	23	35	129	80	31	51
27	24	87	48	31	24	84	100	28	52	58	45	33
28	37	149	49	61	57	53	31	44	109	64	36	45
29	58		27	56	100	42	40	59	47	62	33	26
30	23		40	94	22	54	47	40	93	39	29	97
31	34		38		29		25	41		40		186

Sumber : PDAM Kota Bandung, 2017.

Kekeruhan air baku di IPA Badaksinga sepanjang tahun 2017 berkisar antara 21 - 462 NTU. Sehingga variasi kekeruhan yang ditentukan berada pada rentang 25 – 400 NTU.



Gambar 4.2 Kekeruhan Air Baku IPA Badaksinga 2017

Sumber : PDAM Kota Bandung, 2017.

Kekeruhan dibuat dengan mencampurkan sampel lumpur yang diambil dari bak pengumpul dengan air keran ke dalam reaktor kapasitas 1 liter. Berdasarkan analisa fluktuasi kekeruhan rata - rata air baku IPA BADAKSINGA 2017 yang berada pada rentang 21-462 NTU serta variasi kekeruhan yang dilakukan pada penelitian Prayoga (2015) dan Pradiko dkk (2018), maka variasi kekeruhan yang ditentukan adalah 25, 50, 100, 200, 300, 400 NTU.

4.2.2 Persiapan Percobaan

Reaktor Uji

Reaktor uji yang digunakan pada penelitian ini menggunakan bahan kaca berkapasitas 1 liter dengan dimensi 12 cm x 9 cm x 12 cm dengan volume kerja 1 liter.

Elektrokoagulasi dengan Plat Aluminium

- Tegangan dan Arus Listrik

Tegangan dan arus listrik pada penelitian ini adalah 10 Volt / 0,12 Ampere

- Jenis dan Dimensi Elektroda

Elektroda yang dapat digunakan pada proses elektrokoagulasi terdapat beberapa jenis logam, diantaranya besi, *stainless steel* dan aluminium. Setiap jenis elektroda memiliki efisiensi yang berbeda dalam penyisihan polutan. Berdasarkan beberapa pertimbangan, yaitu harga plat aluminium yang jauh lebih murah dengan perbedaan efisiensi yang tidak

terlalu signifikan, maka dipilihlah plat aluminium untuk dipakai pada penelitian yang akan dilakukan.

Dimensi elektroda yang akan digunakan menyesuaikan dengan penelitian terdahulu (Pradiko dkk, 2018), yaitu 7,5 cm x 12 cm x 0,15 cm dengan dimensi plat terendam 7,5 cm x 7,5 cm x 0,15 cm

- Jarak Elektroda

Jarak elektroda berkaitan dengan hambatan listrik yang terbentuk yang mempengaruhi besarnya arus yang mengalir pada elektroda. Jarak antar elektroda optimum pada penelitian yang dilakukan oleh Mitiasari (2015) sebesar 1,5 cm dengan persentase penghilangan warna sebesar 96% untuk elektroda plat aluminium. Oleh karena itu ditentukanlah jarak antar elektroda yang akan dipakai pada penelitian ini sebesar 1,5 cm.

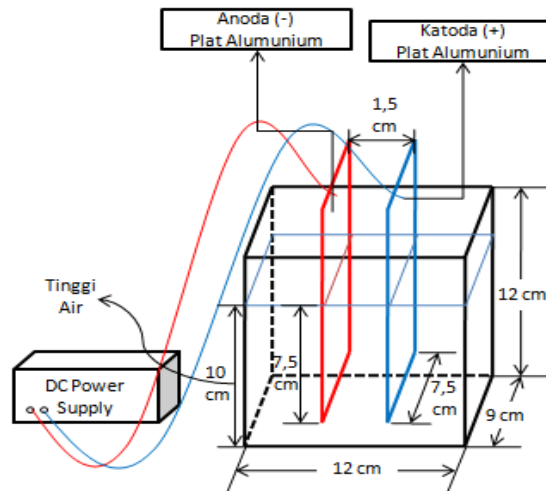
- Kerapatan Arus dan Waktu Kontak

Jumlah Elektroda, kuat arus, dan dimensi elektroda berhubungan dengan kerapatan arus (*Current Density*). Dalam proses elektrokoagulasi, semakin lama waktu detensi dan semakin tinggi kuat arus yang dialirkan, semakin tinggi pula penyisihan polutan. Adapun kerapatan arus pada penelitian ini adalah $21,33 \text{ A/m}^2$ / satuan waktu.

Waktu detensi yang digunakan pada penelitian terdahulu (Pradiko dkk, 2018) adalah 10 menit. Pada penelitian ini penyisihan parameter kekeruhan oleh elektrokoagulasi akan dibantu dengan koagulan PAC, maka ditentukanlah waktu kontak elektrokoagulasi sebesar 3 menit, 5 menit, dan 7 menit atau mendekati 25 %, 50 % dan 75 % waktu kontak optimum.

- Desain Rangkaian

Rangkaian Elektrokoagulasi mempunyai 2 jenis rangkaian yang terdiri dari rangkaian *monopolar* yaitu rangkaian dimana arus listrik dialirkan secara paralel pada setiap elektroda dan biopolar yaitu rangkaian dimana arus listrik dialirkan langsung atau seri pada elektroda (Al-Abdalaali, 2007).



Gambar 4.3 Desain Reaktor

Pada penelitian ini reaktor elektrokoagulasi akan dipasang anoda dan katoda dengan susunan paralel (*monopolar*).

Koagulasi dengan koagulan PAC

- **Jenis dan Dosis Koagulan**

Jenis koagulan yang akan digunakan pada penelitian ini mengikuti koagulan yang digunakan IPAM Badaksinga, yaitu Poly Aluminium Chloride (PAC). Penelitian terdahulu yang dilakukan Prayoga (2015), dosis optimum koagulan PAC terhadap parameter kekeruhan dengan rentang 100 – 600 NTU berkisar di antara 14-98 ppm koagulan.

Berdasarkan data tersebut serta dengan pertimbangan pengaruh penyisihan yang dihasilkan oleh proses elektrokoagulasi, maka ditentukan dosis koagulan yang digunakan adalah 25%, 50% dan 75 % atau berada pada rentang 4-80 ppm.

Pengadukan

Pada uji coba dengan menggunakan pengadukan, dilakukan pengadukan cepat dengan menggunakan *magnetic stirrer* bersamaan dengan proses elektrokoagulasi dengan waktu detensi yang sebelumnya telah ditentukan (3, 5, 7 menit), diatur pada kecepatan 100 RPM, kemudian dilanjutkan pengadukan lambat selama 10 menit dengan bantuan alat flokulator pada kecepatan 60 RPM. Kecepatan pengadukan cepat dan lambat serta lama waktu pengadukan lambat mengikuti apa yang dilakukan pada uji *jar test*.

Waktu Pengendapan

Pengamatan terhadap lama pengendapan dilakukan dengan mengamati *interface* permukaan flock dengan air pada waktu tertentu. Percobaan yang dilakukan Effendi (2014) dengan menggunakan gelas ukur 1 Liter tinggi 29,7 cm. Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa pengendapan optimum terjadi pada menit ke 15 dengan kecepatan pengendapan 0.1176 cm/detik.

Berdasarkan penelitian tersebut maka pada penelitian ini setelah proses elektrokoagulasi berlangsung sampel akan dibiarkan mengendap selama 15 menit, baru kemudian dilakukan pengukuran terhadap setiap parameternya.

Tabel 4.2 Pengoperasian Reaktor

Jenis Elektroda	Plat Alumunium
Jarak antar Elektroda	1,5 cm
Tegangan	10 Volt
Waktu Detensi	3, 5, 7 menit
Jumlah Elektroda	Satu pasang
Luas plat terendam	7,5 cm x 7,5 cm
Pengadukan cepat	100 RPM, selama proses elektrokoagulasi
Pengadukan lambat	10 menit 60 rpm
Variasi kekeruhan	25, 50, 100, 200, 300, dan 400 NTU
Waktu Pengendapan setelah proses	15 menit
Ketinggian plat dari dasar reaktor	2,5 cm
Dosis PAC	25, 50 dan 75 % dosis koagulan optimum

4.3 Pelaksanaan Penelitian

4.3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel lumpur dari bak pengumpul IPAM Badaksinga PDAM Tirtawening Jl. Badak Singa No. 10 Bandung. Pemeriksaan dan analisis parameter dilakukan di Laboratorium Air, Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Pasundan Jl. Setiabudhi No. 193 Bandung. Waktu penelitian dilaksanakan mulai dari 5 Agustus sampai dengan 27 Desember 2017.

4.3.2 Alat dan Bahan

Berikut ini adalah peralatan serta bahan yang perlu disiapkan pada penelitian ini.

Tabel 4.3 Alat dan Bahan

Unit	Alat / Bahan
Elektrokoagulasi	Power Supply
	Plat Alumunium
	Voltmeter
	Kabel + Capit Buaya
Koagulasi	PAC
	Magnetic Stirrer
	Flocculator
Pengukuran	Turbidity Meter
	CD / TDS Meter
	pH Meter
	Neraca Analitik
Lain-Lain	Reaktor
	Pipet
	Gelas Ukur
	Gelas Kimia
	Imhoff Conn
	Spatula dan Pengaduk

4.3.3 Prosedur Pelaksanaan

4.3.3.1 Pengoperasian Alat Ukur

- Neraca Analitik

Neraca analitik adalah jenis neraca yang dirancang untuk mengukur massa kecil dalam rentang sub-miligram. Piringan pengukur neraca analitik (0,1 mg atau lebih baik) berada dalam kotak transparan berpintu sehingga tidak berdebu dan angin di dalam ruangan tidak mempengaruhi operasional penimbangan. Sampel yang akan ditimbang harus berada pada temperatur ruangan untuk mencegah konveksi alami dari pembentukan aliran udara di dalam ruang neraca yang dapat menyebabkan galat pembacaan.



Gambar 4.4 Neraca Analitik

- Turbidity Meter

Turbidity Meter adalah salah satu alat umum yang biasa digunakan untuk keperluan analisa kekeruhan air atau larutan. Turbidity meter merupakan alat pengujian kekeruhan dengan sifat optik akibat dispersi sinar dan dapat dinyatakan sebagai perbandingan cahaya yang dipantulkan terhadap cahaya yang datang. Intensitas cahaya yang dipantulkan oleh suatu suspensi padatan adalah fungsi konsentrasi jika kondisi-kondisi lainnya konstan. Alat ini banyak digunakan dalam pengolahan air bersih untuk memastikan bahwa air yang akan digunakan memiliki kualitas yang baik dilihat dari tingkat kekeruhannya.



Gambar 4.5 Turbidity Meter

- pH Meter

PH meter adalah sebuah alat elektronik yang berfungsi untuk mengukur pH (derajat keasaman atau kebasaan) suatu cairan. Sebuah pH meter terdiri dari sebuah elektroda (*probe* pengukur) yang terhubung ke sebuah alat elektronik yang mengukur dan menampilkan nilai pH. alat ini sangat berguna untuk industri air minum, laboratorium, akuarium, industri pakaian terutama batik dan pewarna pakaian.



Gambar 4.7 pH Meter

4.3.3.2 Pembuatan Sampel Kekeruhan

Pada pembuatan larutan terdapat 2 hal penting yang perlu diperhatikan, yaitu penyiapan larutan induk dan pembuatan standar dengan proses pengenceran larutan induk (Bernedeta, 2007)

Pembuatan sampel kekeruhan dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Mempersiapkan air 1lt, reaktor, pipet 1ml, sampel lumpur, pengaduk serta turbidity meter sebagai alat ukur.
2. Masukkan air ke reaktor
3. Aduk sampel lumpur dengan pengaduk, lalu masukan sampel lumpur per 1 ml ke reaktor.
4. Aduk air pada reaktor sembari memasukan sampel lumpur per 1 mili.
5. Ukur kekeruhan larutan sampel.
6. Ulangi langkah 3 dan 4 sampai mendapat kekeruhan yang diinginkan.

4.3.3.3 Pengoperasian Koagulasi-Elektrokoagulasi

Cara kerja percobaan elektrokoagulasi meliputi :

- Rangkai alat yang akan digunakan seperti reaktor elektrokoagulasi, power supply DC, multimeter digital, kabel penghubung, dan *magnetic stirrer*.
- Siapkan air sampel dengan mencampurkan lumpur yang diambil dari bak pengumpul dengan air keran ke dalam reaktor sampai kapasitas 1 Liter. Setelah itu masukan koagulan PAC sesuai variasi dosis yang ditentukan.
- Siapkan reaktor elektrokoagulasi dengan elektroda yang telah dipasang, dihubungkan katup positif dan negatif melalui multimeter untuk kemudian dihubungkan ke power supply.
- Atur voltase pada power supply pada 10 volt untuk setiap percobaannya.
- Nyalakan power supply bersamaan dengan *magnetic stirrer* yang telah diatur pada kecepatan 100 RPM.
- Perhatikan arus listrik (ampere) melalui multimeter digital.
- Lakukan pengolahan di setiap variasi kekeruhan yang telah ditentukan dengan variasi waktu kontak.
- Setelah proses koagulasi selesai matikan *power supply* dan *magnetic stirrer* untuk kemudian dilakukan proses selanjutnya yaitu pengadukan lambat dengan menggunakan flokulator pada kecepatan 60 rpm selama 10 menit.
- Setelah proses pengadukan lambat selesai dilakukan, reaktor dibiarkan selama 15 menit untuk proses pengendapan.
- Setiap hasil pengolahan kemudian diperiksa langsung dengan menggunakan alat *turbidity meter*.
- Setiap variabel dilakukan 3 kali pengulangan pengolahan.
- Hasil pemeriksaan kekeruhan kemudian dihitung efisiensi penyisihannya.

4.3.3.4 Pengukuran Data

- Pengambilan Sampel
Sampel yang diambil adalah *grab sampel* (sampel sesaat). Sampel diambil pada ketinggian $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ dari dasar reaktor dan kurang lebih 5 cm dari tepi reaktor dengan menggunakan pipet.
- Uji Kekeruhan Sampel
Sampel diuji kekeruhannya dengan menggunakan *turbidity meter* merk Lutron model TU-2016. Sampel diambil sebanyak 10 ml dengan pipet

untuk diukur tingkat kekeruhannya, dengan aquades sebagai larutan pembanding (kalibrasi).

4.3.4 Pengolahan dan Analisis Data

Hasil pemeriksaan kekeruhan sampel yang telah diolah oleh elektrokoagulasi kemudian dibandingkan dengan nilai kekeruhan awal sebelum dilakukan pengolahan. Kinerja elektrokoagulasi dapat diketahui dari persentase efisiensinya dalam menurunkan tingkat kekeruhan hingga memenuhi standar baku mutu air minum Permenkes Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010. Sementara untuk mengetahui efisiensi penyisihan pencemar dapat dihitung dengan rumus (EPCM, 2006) :

$$R\% = \frac{C_{in} - C_{ef}}{C_{in}} \times 100\%$$

Dimana :

- R = Efisiensi penyisihan (%)
- C_{in} = konsentrasi pencemar influen (NTU)
- C_{ef} = konsentrasi pencemar efluen (NTU)

BAB V

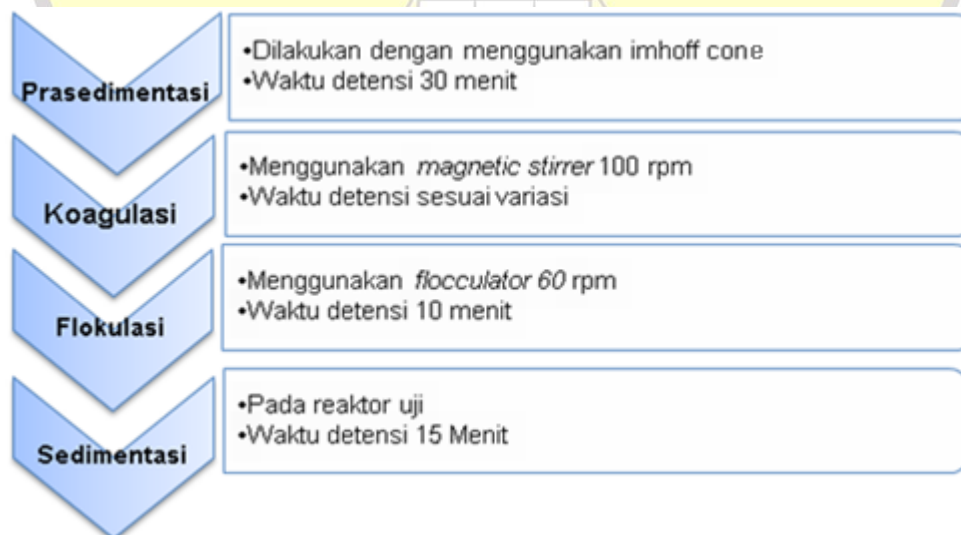
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Pada percobaan penurunan kekeruhan air baku IPA Badaksinga dengan penggunaan koagulan PAC dan plat alumunium pada proses koagulasi-elektrokoagulasi ini, terdapat 3 variabel yaitu kekeruhan sampel air, waktu detensi elektrokoagulasi dan dosis koagulan PAC. Jumlah variasi untuk kekeruhan sampel air berjumlah 6 (25, 50, 100, 200, 300, 400 NTU), sedangkan untuk waktu detensi elektrokoagulasi dan dosis koagulan PAC masing masing berjumlah 3 variasi. Variasi yang digunakan pada variabel waktu detensi adalah 3 menit, 5 menit dan 7 menit, sedangkan variasi yang digunakan untuk variabel PAC adalah 25, 50 dan 75 % atau berkisar antara 14-98 ppm.

5.2 Percobaan dengan pengendapan awal

Percobaan koagulasi-elektrokoagulasi dengan pengendapan awal dilakukan dengan maksud untuk menyisahkan partikel diskrit yang terdapat pada air sampel dengan harapan mampu mengurangi beban pengolahan yang dilakukan. Adapun skema tahapan pelaksanaan koagulasi-elektrokoagulasi dengan pengendapan awal adalah sebagai berikut :



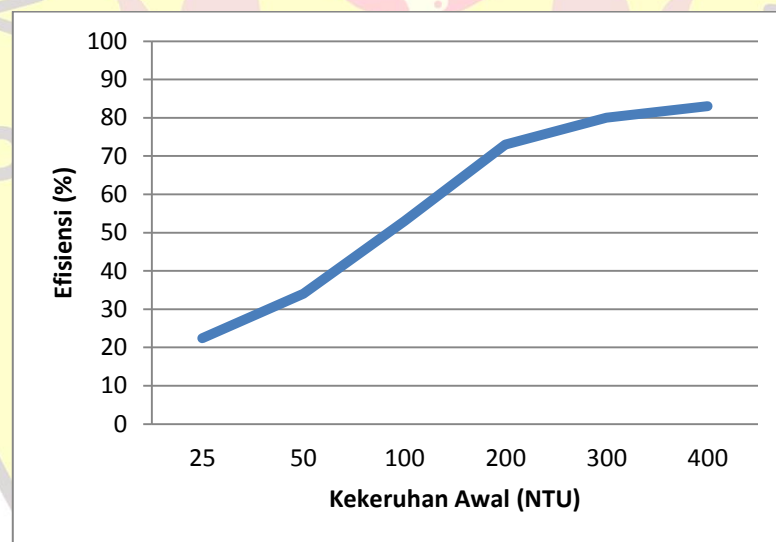
Gambar 5.1 Skema koagulasi-elektrokoagulasi dengan pengendapan awal

Berikut ini adalah tabel nilai kekeruhan akhir setelah proses pengendapan awal.

Tabel 5.1 Nilai Kekeruhan Setelah Pengendapan awal

Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Setelah Pengendapan Awal (NTU)	Efisiensi Pengendapan Awal (%)
25	19,4	22,4
50	33	34
100	47	53
200	54	73
300	60	80
400	68	83

Berdasarkan tabel 5.1 nilai kekeruhan setelah pengendapan awal, nilai kekeruhan pada setiap variasi kekeruhan awal mengalami penurunan dengan nilai efluen berada pada rentang 19,4 – 68 NTU NTU.



Gambar 5.2 Efisiensi Pengendapan Awal

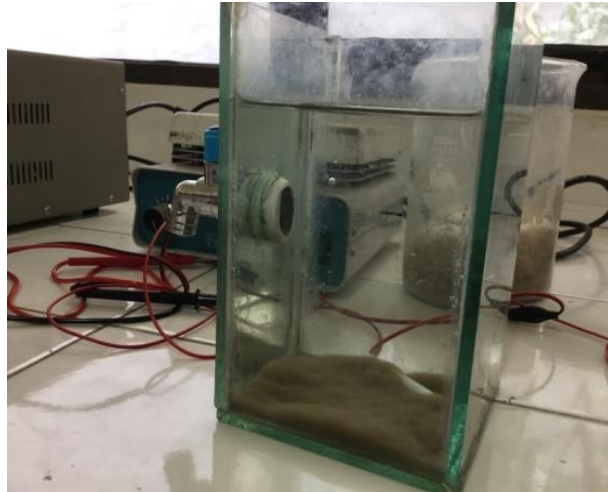
Efisiensi penyisihan pengendapan awal untuk kekeruhan awal 25 NTU sebesar 22,4%, 50 NTU sebesar 34%, 100 NTU sebesar 53%, 200 NTU sebesar 73%, 300 NTU sebesar 80% dan 400 NTU sebesar 83%. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai kekeruhan awal maka semakin tinggi pula efisiensi penyisihan partikel diskrit.

Pada percobaan koagulasi-elektrokoagulasi setelah proses pengendapan awal, dosis uji yang digunakan adalah 25%, 50% dan 75% dari dosis optimum PAC. Adapun matrix hasil percobaan koagulasi-elektrokoagulasi dengan pengendapan awal adalah sebagai berikut :

Tabel 5.2 Matrix hasil percobaan koagulasi-elektrokoagulasi dengan pengendapan awal

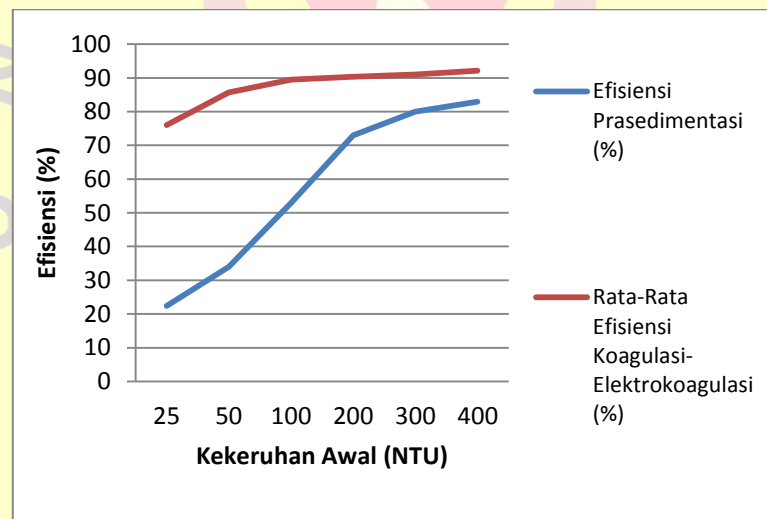
Kekeruhan Setelah Pengendapan Awal (NTU)	Dosis Optimum (ppm)	Dosis Percobaan		Kekeruhan Akhir (NTU)			Efisiensi (%)		
		%	ppm	3 menit	5 Menit	7 menit	3 menit	5 menit	7 menit
19,4	14	25	3,5	4,75	4,47	4,88	76	77	75
19,4		50	7	4,71	4,39	4,80	76	77	75
19,4		75	10,5	4,61	4,40	4,79	76	77	75
33	14	25	3,5	4,87	4,73	4,90	85	86	85
33		50	7	4,70	4,47	4,80	86	86	85
33		75	10,5	4,64	4,52	4,73	86	86	86
47	24	25	6	4,63	4,50	4,97	90	90	89
47		50	12	4,77	4,58	5,17	90	90	89
47		75	18	5,13	4,99	5,74	89	89	88
54	32	25	8	5,23	5,04	5,42	90	91	90
54		50	16	4,99	4,80	5,23	91	91	90
54		75	24	5,31	5,10	5,54	90	91	90
60	30	25	7,5	5,40	5,36	5,60	91	91	91
60		50	15	5,19	5,10	5,36	91	92	91
60		75	22,5	5,44	5,29	5,71	91	91	90
68	38	25	9,5	5,22	5,40	5,66	92	92	92
68		50	19	4,94	5,11	5,38	93	92	92
68		75	28,5	5,25	5,24	5,60	92	92	92

Berdasarkan tabel 5.2 nilai kekeruhan dari hasil percobaan koagulasi-elektrokoagulasi dengan pengendapan awal, kekeruhan mengalami penurunan dengan nilai efluen berkisar antara 4,39-5,87 NTU. Untuk kondisi dalam reaktor, dapat dikatakan bahwa proses koagulasi sudah berjalan dengan lebih baik. Pada saat pengadukan cepat, kondisi air dalam reaktor tercampur secara merata. Pada saat pengadukan lambat flok mulai terlihat terbentuk. Kemudian saat waktu pengendapan, flok yang terbentuk tadi mulai mengendap secara merata dengan hanya menyisakan sedikit padatan yang melayang-layang dalam reaktor. Kondisi dalam reaktor setelah pengolahan dapat dilihat pada gambar 5.3 berikut ini:



Gambar 5.3 Kondisi Hasil Pengolahan Dengan Pengendapan Awal

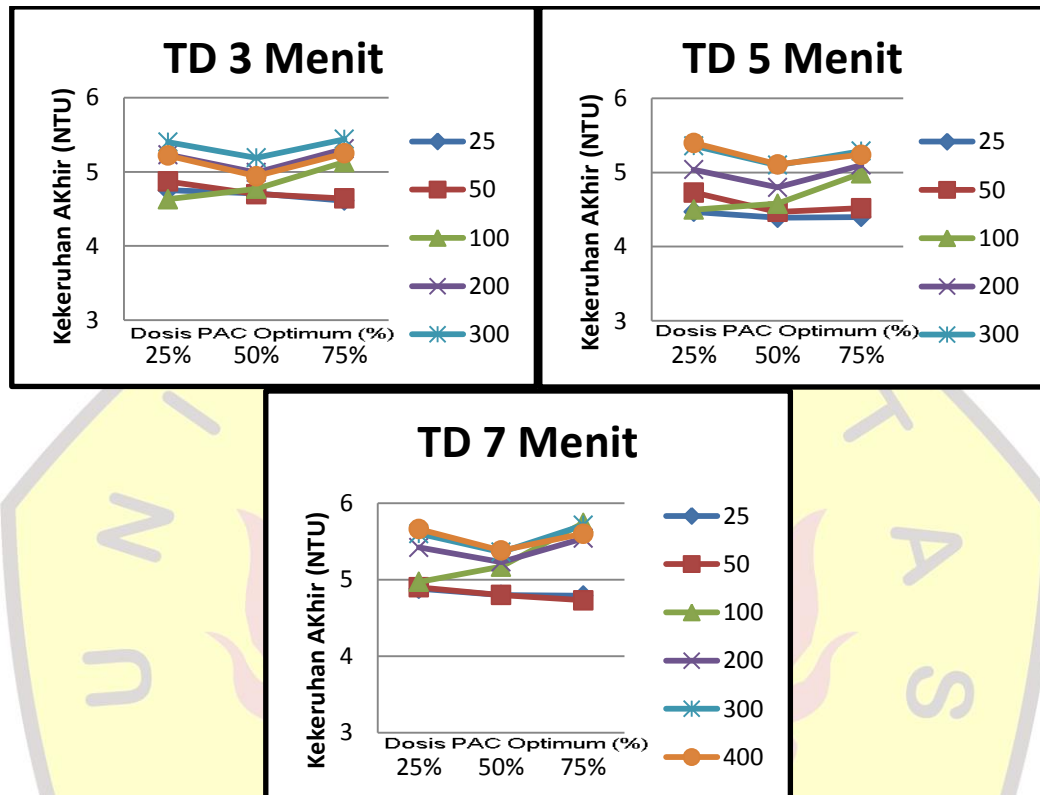
Berikut ini adalah perbandingan efisiensi pengendapan awal terhadap efisiensi koagulasi-elektrokoagulasi :



Gambar 5.4 Perbandingan Efisiensi Penyisihan

Berdasarkan gambar 5.4 diatas, dapat dilihat bahwa secara keseluruhan nilai rata-rata efisiensi koagulasi-elektrokoagulasi setelah pengendapan awal menunjukan efisiensi yang tinggi mulai dari kekeruhan awal terendah. Dari grafik tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa proses pengolahan telah berjalan dengan baik. Perbandingan efisiensi pengendapan awal terhadap nilai rata-rata efisiensi koagulasi-elektrokoagulasi sudah cukup tinggi mulai walaupun berkurang seiring bertambahnya nilai kekeruhan awal. Dapat dikatakan bahwa endapan yang dihasilkan berupa partikel koloid murni.

Berikut ini adalah rincian grafik nilai kekeruhan berdasarkan hasil percobaan pada percobaan koagulasi-elektrokoagulasi dengan pengendapan awal pada waktu detensi elektrokoagulasi 3, 5 dan 7 menit dapat dilihat pada gambar 5.5 berikut:



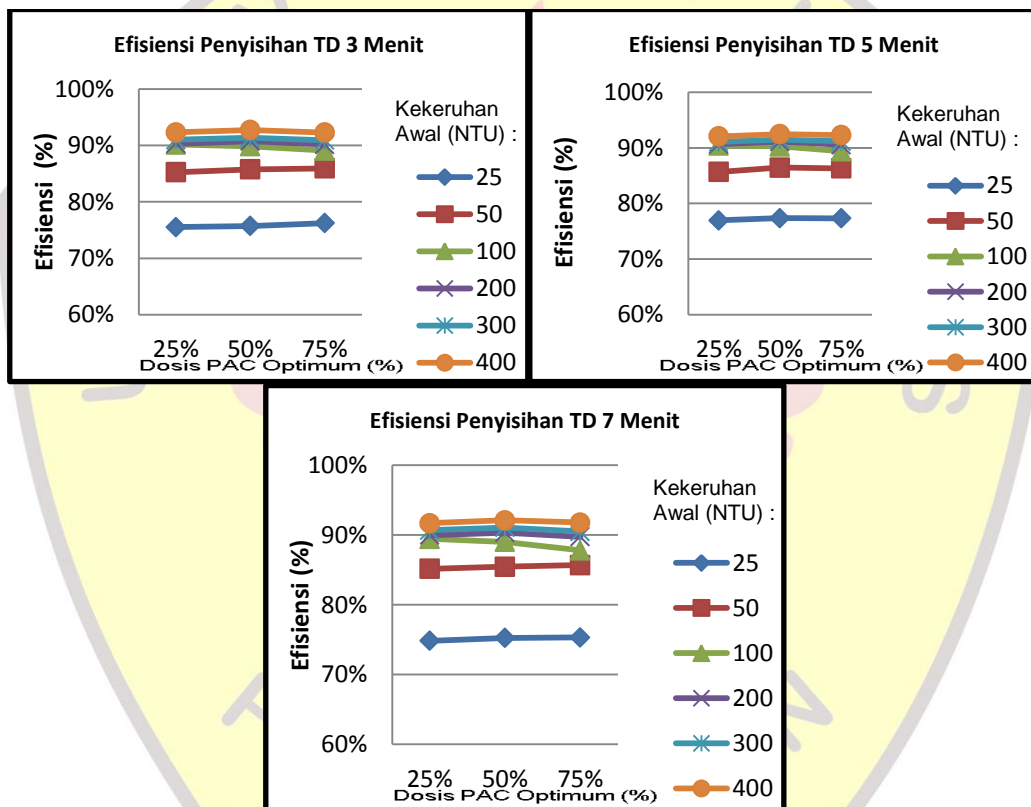
Gambar 5.5 Kekeruhan Akhir Pengolahan Dengan Pengendapan Awal

Berdasarkan hasil analisa pada gambar 5.4, maka dapat disimpulkan fenomena yang terjadi pada pengolahan koagulasi-elektrokoagulasi dengan pengendapan awal adalah sebagai berikut :

- Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa grafik pengolahan memiliki kecenderungan yang sama terhadap bertambahnya dosis PAC optimum.
- Pada kekeruhan awal 25 dan 50 NTU, setiap bertambahnya dosis koagulan optimum menunjukkan nilai yang berbanding lurus terhadap penurunan nilai kekeruhan akhir. Nilai kekeruhan akhir optimum didapatkan dengan penggunaan Dosis optimum PAC 50% atau 7 ppm. Penggunaan dosis optimum 75% tidak memberikan penurunan akhir yang signifikan.
- Pada kekeruhan awal 100 NTU, setiap bertambahnya dosis koagulan optimum berbanding terbalik terhadap penurunan nilai kekeruhan akhir.

- Pada kekeruhan awal 200, 300 dan 400 NTU, setiap bertambahnya dosis koagulan optimum menunjukkan hasil yang tidak konsisten terhadap penurunan kekeruhan akhir. Nilai kekeruhan akhir pada dosis optimum 75% lebih besar daripada dosis optimum 50%.
- Nilai kekeruhan akhir yang meningkat seiring bertambahnya dosis koagulan optimum menjadi indikasi bahwa air yang diolah telah mencapai titik jenuh dari proses pengolahan koagulasi-elektrokoagulasi.

Berikut ini adalah rincian grafik hasil percobaan pada percobaan koagulasi-elektrokoagulasi dengan pengendapan awal pada waktu detensi elektrokoagulasi 3, 5 dan 7 menit dapat dilihat pada gambar 5.6 berikut:

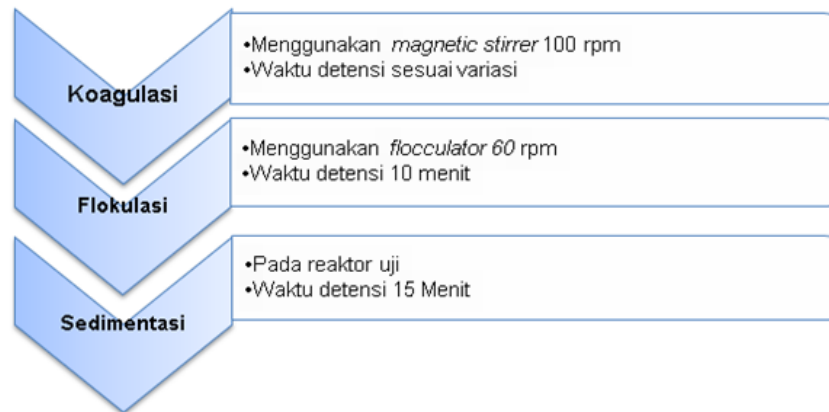


Gambar 5.6 Efisiensi Penyisihan Pengolahan Dengan Pengendapan Awal

Dari gambar 5.6 dapat dilihat bahwa efisiensi pengolahan sudah sangat tinggi dimulai dosis pac optimum PAC terendah dan memiliki kecenderungan yang sama terhadap bertambahnya dosis PAC optimum. Semakin tinggi nilai kekeruhan awal maka semakin tinggi pula nilai efisiensi kekeruhan akhir yang dihasilkan oleh pengolahan, walaupun nilai efisiensi yang dihasilkan terlihat tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

5.3 Percobaan Tanpa Pengendapan Awal

Tahapan pelaksanaan pengolahan koagulasi-elektrokoagulasi tanpa pengendapan awal adalah sebagai berikut :



Gambar 5.7 Skema koagulasi-elektrokoagulasi tanpa pengendapan awal

Dosis uji yang digunakan pada percobaan ini adalah 25%, 50% dan 75% dari dosis optimum PAC. Adapun matrix hasil percobaan koagulasi-elektrokoagulasi tanpa pengendapan awal adalah sebagai berikut :

Tabel 5.3 Matrix hasil percobaan koagulasi-elektrokoagulasi tanpa pengendapan awal

Kekeruhan Awal (NTU)	Dosis Optimum (ppm)	Dosis Percobaan (ppm)		Kekeruhan Akhir (NTU)			EFISIENSI (%)		
		%	ppm	3 Menit	5 Menit	7 Menit	3 Menit	5 Menit	7 Menit
25	16	25	4	12,50	11,50	6,62	50,0	54,0	73,5
		50	8	9,67	8,81	6,20	61,3	64,8	75,2
		75	12	4,26	3,70	3,20	83,0	85,2	87,2
50	20	25	5	6,40	4,95	3,74	87,2	90,1	94,0
		50	10	4,52	3,70	3,61	91,0	92,6	92,8
		75	15	4,17	3,60	3,37	91,7	92,8	93,3
100	22	25	5,5	5,70	4,59	4,20	94,3	95,4	95,8
		50	11	4,31	3,55	3,38	95,7	96,5	96,6
		75	16,5	3,82	3,36	3,59	96,2	96,6	96,4
200	34	25	8,5	4,70	4,73	3,58	97,7	97,6	98,2
		50	17	3,87	4,52	3,44	98,1	97,7	98,3
		75	25,5	4,56	4,71	3,41	97,7	97,6	98,3

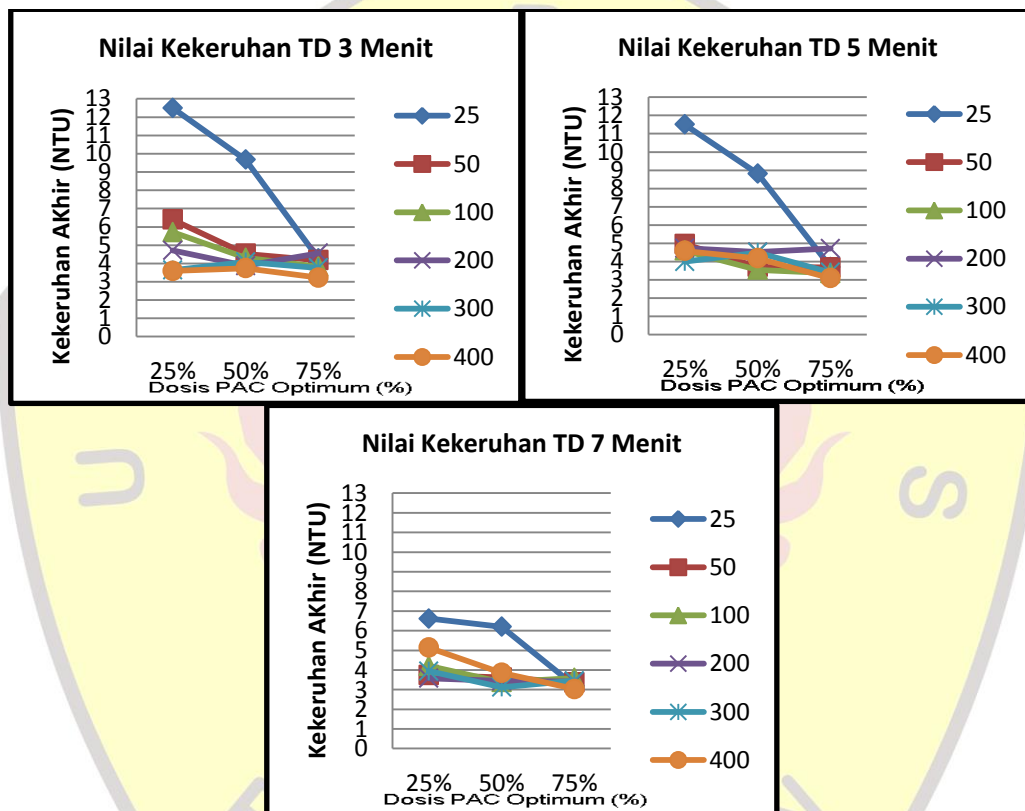
Kekeruhan Awal (NTU)	Dosis Optimum (ppm)	Dosis Percobaan (ppm)		Kekeruhan Akhir (NTU)			EFISIENSI (%)		
		%	ppm	3 Menit	5 Menit	7 Menit	3 Menit	5 Menit	7 Menit
300	54	25	13,5	3,63	3,99	3,94	98,8	98,7	98,7
		50	27	4,08	4,49	3,12	98,6	98,5	99,0
		75	40,5	3,75	3,41	3,41	98,8	98,9	98,9
400	80	25	20	3,59	4,58	5,14	99,1	98,9	98,7
		50	40	3,73	4,18	4,60	99,1	99,0	98,9
		75	60	3,22	3,09	2,96	99,2	99,2	99,3

Berdasarkan tabel 5.3 nilai kekeruhan dari hasil percobaan koagulasi-elektrokoagulasi tanpa pengendapan awal, kekeruhan mengalami penurunan dengan nilai efluen berkisar antara 2,90-12,50 NTU. Berdasarkan hasil pengamatan mengenai kondisi dalam reaktor, dapat dikatakan bahwa proses koagulasi tidak terjadi secara sempurna. Padatan tersuspensi terbagi dua bagian, ada sebagian padatan yang mengapung di permukaan akibat terangkat oleh gelembung yang dihasilkan plat, sedangkan sebagian lagi mengendap didasar reaktor. Selain itu juga masih terlihat padatan yang melayang-layang dalam reaktor yang tidak ikut mengendap maupun mengapung di permukaan. Kondisi dalam reaktor setelah pengolahan dapat dilihat pada gambar 5.8 berikut ini:



Gambar 5.8 Kondisi Hasil Pengolahan Dengan Pengendapan Awal

Apabila hasil uji coba dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dengan nilai baku mutu kekeruhan 5 NTU, maka percobaan koagulasi-elektrokoagulasi tanpa menggunakan pengendapan awal masih belum memenuhi baku mutu secara keseluruhan. Berikut ini adalah rincian grafik nilai kekeruhan berdasarkan hasil percobaan pada percobaan koagulasi-elektrokoagulasi tanpa pengendapan awal pada waktu detensi elektrokoagulasi 3, 5 dan 7 menit dapat dilihat pada gambar 5.9 berikut:



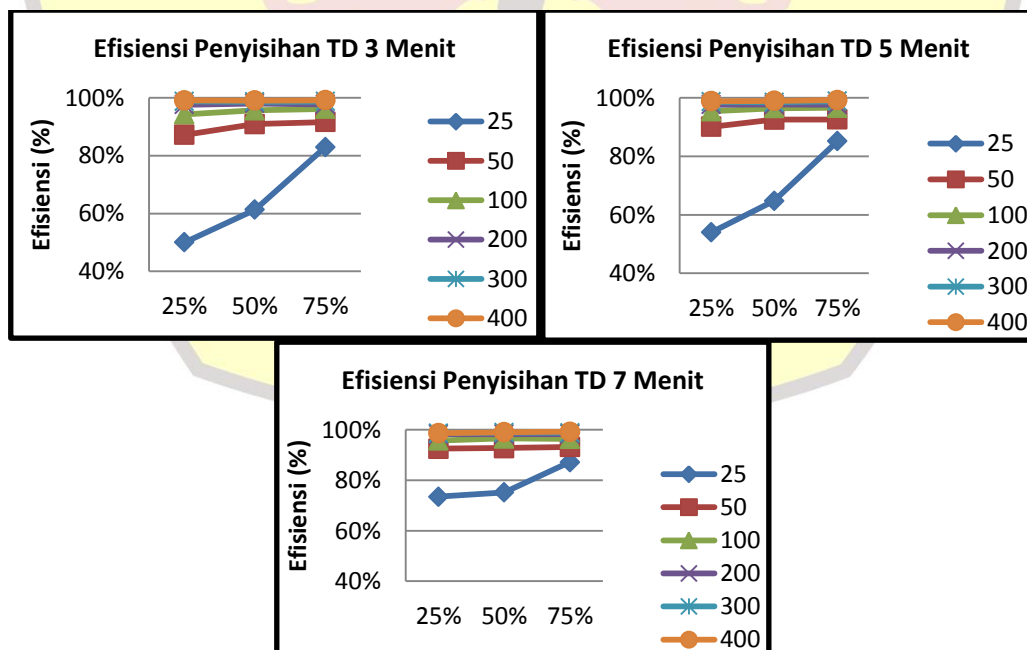
Gambar 5.9 Kekeruhan Akhir Pengolahan Tanpa Pengendapan Awal

Berdasarkan hasil analisa pada gambar 5.6, maka dapat disimpulkan fenomena yang terjadi pada pengolahan koagulasi-elektrokoagulasi tanpa pengendapan awal adalah sebagai berikut :

- Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa grafik pengolahan memiliki kecenderungan yang sama terhadap bertambahnya dosis PAC optimum.
- Bertambahnya dosis koagulan optimum tidak selalu berbanding lurus terhadap penurunan nilai kekeruhan akhir.

- Pada kekeruhan awal 25 NTU, bertambahnya dosis koagulan optimum berbanding lurus terhadap penurunan kekeruhan akhir. Nilai kekeruhan akhir optimum didapatkan dengan penggunaan dosis optimum PAC 75%.
- Pada nilai kekeruhan awal 50 dan 100 NTU, bertambahnya dosis koagulan berbanding lurus terhadap penurunan nilai kekeruhan akhir walaupun tidak signifikan. Nilai kekeruhan akhir optimum didapatkan dengan penggunaan dosis optimum PAC 50%.
- Pada nilai kekeruhan awal 200, 300 dan 400 NTU, penambahan dosis koagulan PAC tidak selalu berbanding lurus terhadap penurunan nilai kekeruhan akhir. Nilai kekeruhan akhir optimum didapatkan dengan penggunaan dosis optimum PAC 50%.
- Percobaan ini menunjukkan bahwa penambahan dosis optimum PAC tidak berpengaruh besar terhadap nilai kekeruhan awal > 50 NTU
- Kecenderungan yang berbeda diakibatkan karena kondisi di dalam reaktor yang belum homogen, sehingga nilai kekeruhan didapatkan berbeda-beda.

Berikut ini adalah rincian grafik hasil percobaan pada percobaan koagulasi-elektrokoagulasi dengan pengendapan awal pada waktu detensi elektrokoagulasi 3, 5 dan 7 menit dapat dilihat pada gambar 5.10 berikut:



Gambar 5.10 Efisiensi Penyisihan Pengolahan Tanpa Pengendapan Awal

Dari gambar 5.10 dapat dilihat bahwa persentase dosis PAC optimum berpengaruh signifikan pada kekeruhan 25 NTU. Pada kekeruhan diatas 50 NTU, dosis PAC optimum tidak menunjukkan efisiensi penyisihan yang signifikan. Hal ini terjadi disebabkan karena semakin tinggi kekeruhan maka semakin tinggi kandungan padatan yang terkandung didalamnya, sehingga padatan tersebut lebih mudah untuk diendapkan pada kekeruhan yang lebih tinggi.

5.4 Kombinasi Kekeruhan, Waktu Detensi dan Dosis Koagulan

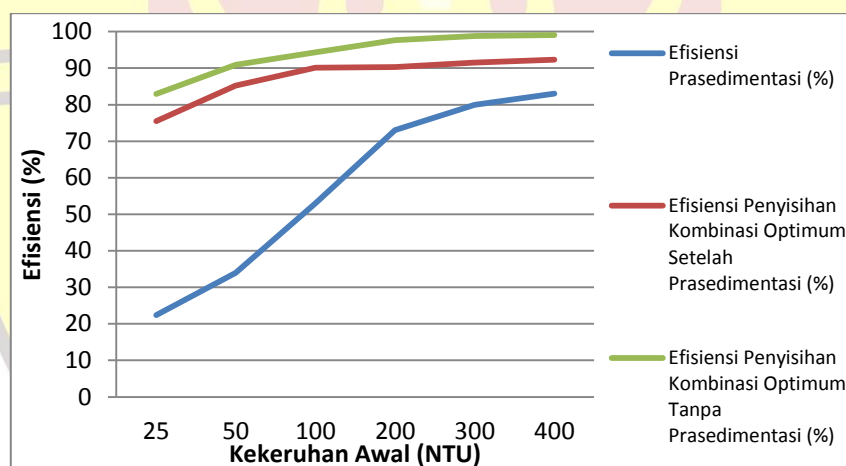
Kombinasi kekeruhan, waktu detensi dan dosis koagulan merupakan kombinasi yang dapat dilakukan untuk mencapai kondisi optimum pengolahan. Sesuai dengan PERMENKES No.492 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Kualitas Air Minum, pemilihan kombinasi tersebut mengacu terhadap nilai baku mutu untuk parameter kekeruhan, yaitu 5 NTU. Adapun kombinasi optimum tersebut dapat dilihat pada tabel 5.4 berikut :

Tabel 5.4 Kombinasi Optimum Penyisihan Kekeruhan

Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Setelah Pengendapan awal	Dosis Optimum (%)	Kekeruhan Akhir (NTU)					
			Dengan Pengendapan awal			Tanpa Pengendapan awal		
			3 Menit	5 Menit	7 Menit	3 Menit	5 Menit	7 Menit
25	19,4	25	4,75	4,47	4,88	12,50	11,50	6,62
		50	4,71	4,39	4,80	9,67	8,81	6,20
		75	4,61	4,40	4,79	4,26	3,70	3,20
50	33	25	4,87	4,73	4,90	6,40	4,95	3,74
		50	4,70	4,47	4,80	4,52	3,70	3,61
		75	4,64	4,52	4,73	4,17	3,60	3,37
100	47	25	4,63	4,50	4,97	5,70	4,59	4,20
		50	4,77	4,58	5,17	4,31	3,55	3,38
		75	5,13	4,99	5,74	3,82	3,36	3,59
200	54	25	5,23	5,04	5,42	4,70	4,73	3,58
		50	4,99	4,80	5,23	3,87	4,52	3,44
		75	5,31	5,10	5,54	4,56	4,71	3,41
300	60	25	5,40	5,36	5,60	3,63	3,99	3,94
		50	5,19	5,10	5,36	4,08	4,49	3,12
		75	5,44	5,29	5,71	3,75	3,41	3,41
400	68	25	5,22	5,40	5,66	3,59	4,58	5,14
		50	4,94	5,11	5,38	3,73	4,18	4,60
		75	5,25	5,24	5,60	3,22	3,09	2,96

Kombinasi optimum dipilih berdasarkan nilai terkecil dari persentase dosis optimum dan waktu detensi elektrokoagulasi untuk mencapai nilai baku mutu (5 NTU). Mengacu pada tabel 5.4, kombinasi optimum dengan perlakuan pengendapan awal ditandai dengan warna hijau sedangkan warna kuning menandakan kombinasi terbaik meskipun tidak mencapai nilai baku mutu. Kondisi optimum pengolahan pada kekeruhan awal 25, 50 dan 100 NTU dengan perlakuan pengendapan awal terjadi pada dosis optimum 25 % dan waktu detensi elektrokoagulasi 3 menit. Sedangkan pada kekeruhan awal 200, 300 dan 400 NTU, kondisi optimum pengolahan didapatkan dengan perlakuan tanpa pengendapan awal terjadi pada dosis optimum 25 % dan waktu detensi elektrokoagulasi 3 menit.

Perbedaan perlakuan awal dengan dan tanpa pengendapan awal dipengaruhi oleh nilai kekeruhan awal sampel air baku. Semakin besar nilai kekeruhan awal maka partikel diskrit yang terkandung akan semakin besar. Pada penelitian ini partikel diskrit dapat dengan mudah mengendap oleh gaya gravitasi tanpa perlu perlakuan awal pengendapan awal.



Gambar 5.11 Perbandingan Efisiensi Penyisihan Kombinasi Optimum

Dapat dilihat pada gambar 5.11, efisiensi penyisihan tanpa pengendapan awal menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan efisiensi penyisihan dengan pengendapan awal. Hal ini terjadi diduga karena beberapa faktor, diantaranya jumlah partikel diskrit pada sampel uji yang berbeda. Pada percobaan ini sampel yang digunakan tidak sepenuhnya buatan karena menggunakan lumpur air baku. Hal ini menyebabkan kekeruhan tidak homogen antar percobaan dan pengukuran kekeruhan dipengaruhi oleh banyaknya jumlah

partikel diskrit. Faktor lainnya adalah tidak dilakukannya pengukuran terhadap parameter daya hantar listrik (DHL) setelah pengolahan. Salah satu faktor yang mempengaruhi proses pengolahan adalah daya hantar listrik, dimana semakin besar daya hantar listrik maka semakin banyak polutan yang terikat oleh koagulan. Berdasarkan ini, maka tidak bisa dilihat pengaruh jumlah partikel diskrit terhadap parameter daya hantar listrik. Faktor lainnya adalah dilakukannya pengadukan terhadap sample uji yang mengandung partikel diskrit. Jumlah partikel diskrit ini mempengaruhi kejenuhan larutan sehingga partikel koloid dapat menjadi lebih rapat. Ketika jarak antar partikel lebih rapat, maka gaya Van Der Waals akan semakin tinggi.

Pada penelitian ini, efisiensi penyisihan dengan pengendapan awal pada kekeruhan awal di < 200 NTU didominasi oleh proses koagulasi-elektrokoagulasi, sedangkan untuk kekeruhan di > 200 NTU didominasi oleh proses pengendapan awal.

5.5 Perhitungan Biaya Pengolahan

Salah satu aspek yang perlu dipertimbangkan dalam proses pengolahan air selain kualitas yang dihasilkan yaitu biaya produksi. Faktor utama yang mempengaruhi biaya produksi yang paling dominan dalam proses koagulasi-elektrokoagulasi adalah banyaknya penggunaan plat dan besarnya pemakaian listrik serta penggunaan PAC (*Poly Alummunium Chloride*).

Perhitungan Penggunaan Listrik

1. Waktu (t)

Waktu pengolahan dalam satuan menit.

2. Daya (P)

Daya listrik dalam satuan watt

$$P = V \times I$$

3. Energi Listrik (W)

Energi Listrik dalam satuan Kwh

$$W = P \times t$$

4. Tarif/Kwh

Golongan Tarif elektrokoagulasi ini masuk pada R-1/TR karena pemakaian daya masih dibawah 1.300 VA dengan biaya pemakaian Rp. 1.467,28/Kwh. Biaya disesuaikan dengan *Tariff Adjustment* bulan 2017.

5. Tarif Listrik Pengolahan

Tarif listrik dalam dalam satuan Rp.

$$\text{Rp.} = W \times \text{Tarif Listrik}$$

- *Perhitungan Penggunaan Listrik Power Supply*

- $t = 7 \text{ menit} \times 60 \text{ detik/menit} = 420 \text{ detik}$
- $P = 1,2 \text{ Watt}$
- $$W = P \times t \times \frac{1 \text{ kwatt}}{1000 \text{ watt}} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ detik}}$$
$$= 1,2 \text{ watt} \times 420 \text{ Detik} \times \frac{1 \text{ kwatt}}{1000 \text{ watt}} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ detik}} = 0,00014 \text{ Kwh}$$
- $\text{Tarif} = \text{Rp. } 1.467,28 / \text{Kwh}$
- $\text{Tarif Total} = W \times \text{Tarif} = 0,00014 \text{ Kwh} \times \text{Rp. } 1.467,28 / \text{Kwh} = \text{Rp. } 0,205$

- *Tarif Penggunaan Listrik Magnetic Stirrer*

- $t = 7 \text{ menit} \times 60 \text{ detik/menit} = 420 \text{ detik}$
- $P = 621 \text{ Watt}$
- $$W = P \times t \times \frac{1 \text{ kwatt}}{1000 \text{ watt}} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ detik}}$$
$$= 621 \text{ watt} \times 420 \text{ Detik} \times \frac{1 \text{ kwatt}}{1000 \text{ watt}} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ detik}} = 0,072 \text{ Kwh}$$
- $\text{Tarif} = \text{Rp. } 1.467,28 / \text{Kwh}$
- $\text{Tarif Total} = W \times \text{Tarif} = 0,072 \text{ Kwh} \times \text{Rp. } 1.467,28 / \text{Kwh} = \text{Rp. } 106,30$

- *Perhitungan Penggunaan Flocculator*

- $t = 10 \text{ menit} \times 60 \text{ detik/menit} = 600 \text{ detik}$
- $P = 200 \text{ Watt}$
- $$W = P \times t \times \frac{1 \text{ kwatt}}{1000 \text{ watt}} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ detik}}$$
$$= 200 \text{ watt} \times 600 \text{ Detik} \times \frac{1 \text{ kwatt}}{1000 \text{ watt}} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ detik}} = 0,034 \text{ Kwh}$$
- $\text{Tarif} = \text{Rp. } 1.467,28 / \text{Kwh}$
- $\text{Tarif Total} = W \times \text{Tarif} = 0,034 \text{ Kwh} \times \text{Rp. } 1.467,28 / \text{Kwh} = \text{Rp. } 48,9$

- *Tarif Penggunaan PAC*

- $\text{Penggunaan PAC (mg)} = 60 \text{ mg}$
- $\text{Harga PAC} = \text{Rp. } 15.000 / \text{kg}$
- $\text{Tarif Penggunaan PAC} = 60 \text{ mg} \times 1 \text{ kg} / 10^6 \text{ mg} \times \text{Rp } 15.000 / \text{kg} = \text{Rp } 0,90$

- **Tarif Penggunaan Plat Alumunium**

Berdasarkan hasil ujicoba, plat alumunium akan mengalami penurunan pada arus yang mengalir yang menyebabkan penurunan efisiensi pengolahan pada waktu detensi selama 900 menit dengan tegangan 10 volt pada tiap kali uji coba.

- Jumlah Uji $= TD \text{ max} / Td \text{ Uji}$
 $= 900 \text{ menit} / 7 \text{ menit} = 129 \text{ kali uji}$
- Harga Plat terpakai $= Rp. 50000 / 6 \text{ plat}$
 $= Rp. 16.667 / 2 \text{ plat}$
- Tarif penggunaan plat alumunium
 $= \text{Harga 2 Plat} / \text{jumlah uji}$
 $= Rp. 16.667 / \text{jumlah uji}$
 $= Rp. 16.667 / 129 = Rp. 129,63$

- **Tarif *Total* Pengolahan**

Tarif Total Pengolahan (Rp./L)

$$= \text{Tarif Penggunaan Power Supply} + \text{Tarif Penggunaan Magnetic Stirrer} + \text{Tarif Penggunaan Flocculator} + \text{Tarif Penggunaan PAC} + \text{Tarif Penggunaan Alumunium}$$

$$= Rp. 0,205 / L + Rp. 106,3 / L + Rp. 48,9 / L + Rp. 0,90 / L + Rp. 129,63 / L$$

$$= Rp. 285,95 / L$$

Tarif total pengolahan metode elektrokoagulasi berdasarkan Fabian, 2017 :

$$= \text{Tarif Listrik Elektrokoagulasi} + \text{Harga Logam Terpakai} + \text{Tarif Listrik Magnetic Stirrer} + \text{Tarif Listrik Flokulator}$$

$$= Rp. 0,29/L + Rp. 129,63 / L + Rp. 151,86/L + Rp. 48,91/L$$

$$= Rp. 330,69 / L$$

Tarif total pengolahan metode koagulasi PAC berdasarkan Prayoga, 2015:

1. Dosis optimum PAC $= 75 \text{ mg/L}$
2. Kekeruhan air baku $= 400 \text{ NTU}$
3. Harga PAC $= Rp. 13.000/Kg$
4. Biaya Pengadukan $= Rp. 53,8/L$
5. Biaya pengolahan perliter
 $= \text{Biaya PAC/liter} + \text{Biaya Pengadukan/liter}$

$$\begin{aligned}
 &= (75 \text{ mg/L} * 1 \text{ kg} / 1.000.000 \text{ mg}) * \text{Rp. } 13.0000 / \text{Kg} + \text{Rp } 53,8 / \text{L} \\
 &= \text{Rp. } 0,975 / \text{L} + \text{Rp. } 53,8 / \text{L} \\
 &= \text{Rp. } 54,77526667 / \text{L}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan data diatas, maka dapat dilihat perbedaan antara pengolahan menggunakan metode koagulasi-elektrokoagulasi terhadap metode elektrokoagulasi dan metode PAC dalam penurunan kekeruhan. Biaya yang diperlukan untuk menurunkan kekeruhan air dengan metode koagulasi-elektrokoagulasi lebih murah dibandingkan dengan metode elektrokoagulasi namun jauh lebih mahal dibandingkan dengan pengolahan dengan metode PAC.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan uji coba penurunan parameter kekeruhan dengan menggunakan metode koagulasi-elektrokoagulasi pada air baku PDAM Tirtawening IPA Badaksinga Bandung, dapat ditarik kesimpulan :

1. Kombinasi optimum dari proses koagulasi-elektrokoagulasi dengan prasedimentasi adalah sebagai berikut :
 - Pada kekeruhan awal 25, 50 dan 100 NTU, masing-masing dosis PAC optimum adalah sebesar 25% atau setara 3,5 mg/l, 3,5mg/l dan 6mg/l
 - Waktu Detensi Optimum elektrokoagulasi untuk kekeruhan awal 25, 50 dan 100 NTU adalah 3 menit
 - Persentase penyisihan kekeruhan berada pada rentang 76 % - 90 % dengan penyisihan terbesar terjadi pada kekeruhan 100 NTU.
2. Kombinasi optimum dari proses koagulasi-elektrokoagulasi tanpa prasedimentasi adalah sebagai berikut :
 - Pada kekeruhan awal 200, 300 dan 400 NTU, masing-masing dosis PAC optimum adalah sebesar 25% atau setara 8,5 mg/l, 13,5mg/l dan 20mg/l
 - Waktu Detensi Optimum elektrokoagulasi untuk kekeruhan awal 25, 50 dan 100 NTU adalah 3 menit
 - Persentase penyisihan kekeruhan berada pada rentang 97,7% - 99,1% dengan penyisihan terbesar terjadi pada kekeruhan 400 NTU.
3. Efisiensi penyisihan kekeruhan tertinggi pada setiap variasi kekeruhan berkisar diantara 87,2% - 99,3%.
4. Biaya dari proses koagulasi-elektrokoagulasi sebesar Rp. 285,95 /L atau lebih murah sebesar Rp 50 /L dibandingkan metode elektrokoagulasi.
5. Percobaan proses koagulasi-elektrokoagulasi yang dilakukan terhadap sampel air baku IPA Badaksinga menghasilkan efluen yang telah memenuhi standar baku mutu kualitas air minum yang telah ditetapkan pada PERMENKES No.492/MENKES/PER/IV/2010 yaitu sebesar 5 NTU.

7.2 Saran

Penelitian lebih lanjut, dapat dilakukan dengan uji coba elektrokoagulasi pada sistem kontinyu serta melakukan pengujian pada parameter-parameter air minum lainnya yang terdapat pada Permenkes nomor 492 Tahun 2010 untuk melihat seberapa besar kemampuan elektrokoagulasi dalam menyisihkan parameter-parameter tersebut. Adapun hal lain yang perlu dipertimbangkan dalam penelitian yang berkaitan dengan koagulasi-elektrokoagulasi adalah *grade* / kualitas dari plat alumunium yang digunakan.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Abdalaali, A.A. 2007 *"Removal Of Borong From Simulated Iraqi Surface Water By Electrocoagulation Method"*. Thesi. University of Baghdad. Republic of Iraq
- Afiatun, E., Pradiko, H., Prayoga, H., *A Turbidity Removal Strategy From The Water Resource of Bandung City, Indonesia, International Journal of Geomate, June L2017, Vol. 12, Issue 34, PP 57-61.*
- Effendi, A.J. 2014. Daur Ulang Air Buangan DOMestik (Grey Water) Hotel Menggunakan Elektrokoagulasi Pasangan Elektroda Alumunium. Bandung: ITB.
- Kuokkanen, V. Kuokkanen, T. Rämö, J. & Lassi, U. (2013). Recent Applications of Electrocoagulation Treatment of Water and Wasterwater. Green and sustainable Chemistry, 89-121.
- Mitiasari, K. 2015. Pengolahan Lignin Dengan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Besi Dan Alumunium. Skripsi. Bandung: UPI
- Nasrullah, M. Singh, L. & Wahid, Z.A. (2012). Treatment Of Sewage By Electrocoagulation and The Effect Of High Curent Density. Energy and Environmental Journal. Volume 1, issue
- Novita, S. 2012. Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik Dan Waktu Pengadukan Pada Proses Elektrokoagulasi Untuk Penjernihan Air Baku PDAM Tirtanadi IPA Sunggal. Skripsi. Medan: Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara.
- Rezka, M.F. 2008 *"Pengaruh Waktu Detensi dan Tegangan Listrik Terhadap Efektivitas Penurunan Warna Pada Air Gambut Dengan Proses Elektrokoagulasi"*. Skripsi. Universitas Pasundan. Bandung
- Riyanto. 2013. Elektrokimia dan Aplikasinya. Semarang: Graha Ilmu.
- Sawyer, C.N. & McCarty, P.L. 1978, Chemistry for Environmental Engineering (4th ed.). New York : McGraw-Hill.

Yolanda, Gita Melisa. 2015 “Pengolahan limbah cair laboratorium dengan proses elektrokoagulasi “ Bogor : IPB.

Trapsilalawi, K.R. 2010 Aplikasi Elektrokoagulasi Menggunakan Pasangan Elektroda Aluminium Untuk Pengolahan Air Dengan Sistem Kontinyu. Surabaya : ITS.

Lukismanto, A. 2010. Aplikasi Elektrokoagulasi Pasangan Elektroda Besi Untuk Pengolahan Air Dengan Sistem Kontinyu. Surabaya : ITS





Notulensi Tugas Akhir

Nama : Muhammad Pandu Jati Ampere

NRP : 113050012

Pertanyaan 1 : Untuk apa anda melakukan analisa data sampel?

Jawaban : Analisa data sampel dilakukan untuk melihat karakteristik sampel uji dan melihat pengaruh serta perubahannya pada sebelum dan sesudah uji coba penelitian ini.

Pertanyaan 2 : Mengapa anda melakukan perlakuan awal dengan dan tanpa prasedimentasi?

Jawaban : Agar dapat mengetahui pengaruh perbedaan perlakuan awal terhadap penyisihan parameter kekeruhan serta untuk menentukan perlakuan awal mana yang lebih baik pada penelitian ini.

Peratnyaan 3 : Bagaimana anda menentukan variasi pada penelitian ini?

Jawaban : Penentuan variasi kekeruhan dilakukan dengan mengurangi waktu kontak elektrokoagulasi serta konsentrasi dosis koagulan menjadi 25, 50, 75 % dari kondisi optimum untuk kemudian dilihat kombinasi mana yang mencapai kondisi optimum pengolahan. Waktu kontak elektrokoagulasi dan dosis koagulan optimum didapat dari penelitian terdahulu.

Peratnyaan 4 : Seperti apa proses yang terjadi pada penelitan koagulasi-elektrokoagulasi ini?

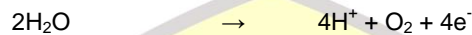
Jawaban : Tujuan dari koagulasi-elektrokoagulasi adalah untuk mendestabilisasi partikel koloid dengan memasukan koagulan pada reaktor uji sehingga partikel koloid dapat mengendap. Koagulan didapatkan dari proses koagulasi dan proses elektrokoagulasi. Mekanisme yang terjadi pada koagulasi dengan

koagulan PAC adalah ketika PAC dibubuhkan maka akan terjadi reaksi berikut



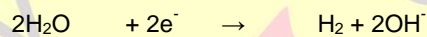
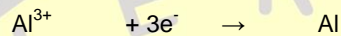
sedangkan mekanisme yang terjadi pada elektrokoagulasi adalah sebagai berikut :

- Pada Elektroda Positif (Anoda)



Karena melepaskan e^- maka disebut oksidasi

- Pada Elektroda Negatif (Katoda)



Karena menangkap e^- maka disebut reduksi

Pada permukaan anoda (oksidasi) , logam aluminium akan melepaskan elektron positifnya dari anoda untuk mengikat OH^- yang bermuatan negatif dari katoda, disinilah akan terbentuk senyawa $\text{Al}(\text{OH})_3$ radikal hidroksi atau koagulan dari proses elektrokimia. Reaksi terbentuknya senyawa radikal hidroksi yaitu :



Karena melepaskan e^- maka disebut oksidasi

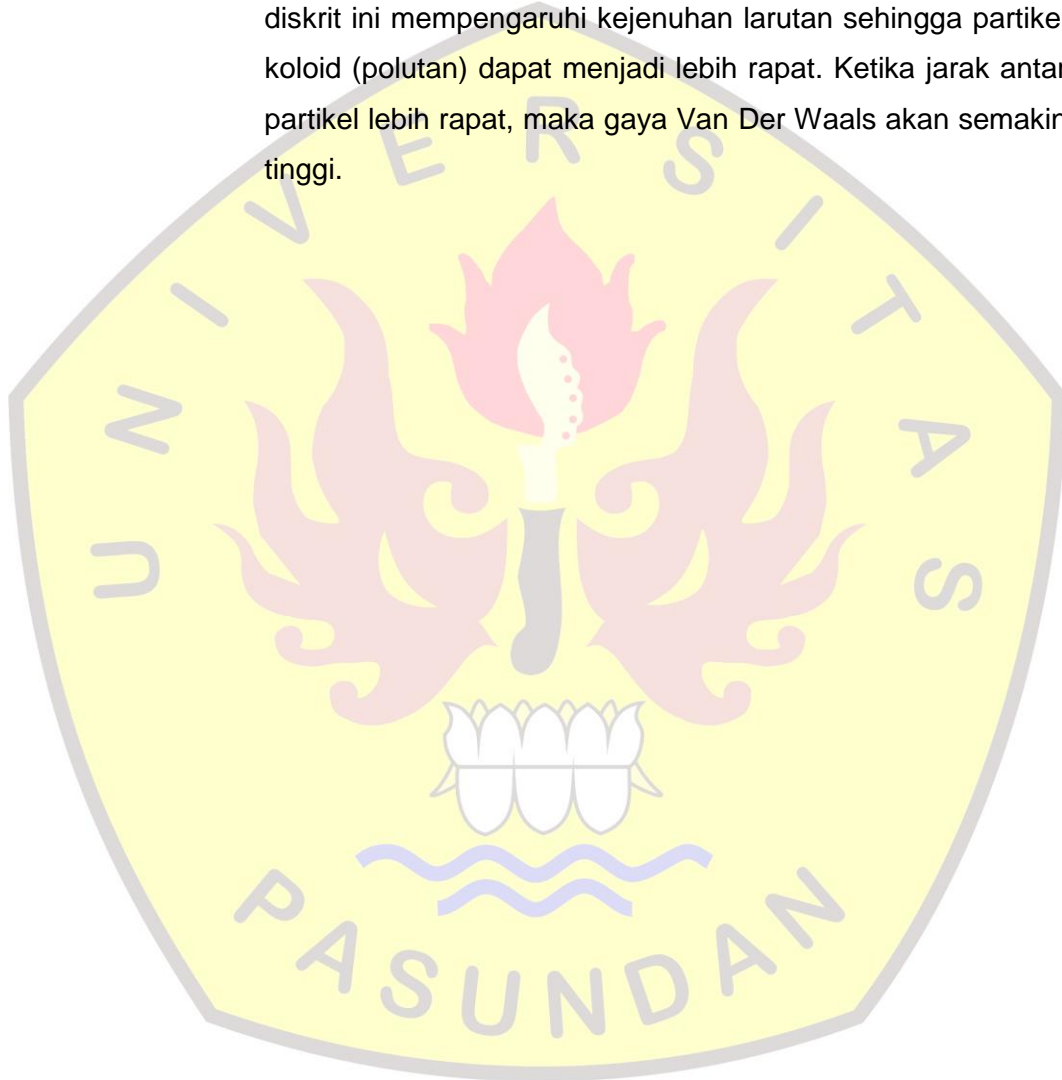
Pertanyaan 5 : Mengapa pada kekeruhan >200 NTU nilai hasil kekeruhan dengan perlakuan awal tanpa prasedimentasi lebih baik daripada perlakuan awal dengan prasedimentasi?

Jawaban : nilai kekeruhan akhir dari pengolahan tanpa prasedimentasi lebih baik diduga terjadi karena beberapa faktor. Diantaranya :

- Jumlah partikel diskrit terkait sampel uji yang berbeda. Pada percobaan ini sampel yang digunakan tidak sepenuhnya buatan karena menggunakan dispersi lumpur air baku. Hal ini menyebabkan kekeruhan tidak homogen antar percobaan dan pengukuran kekeruhan dipengaruhi oleh banyaknya jumlah partikel diskrit.
- Tidak dilakukannya pengukuran terhadap parameter daya hantar listrik (DHL/Conductivity) setelah pengolahan. Salah

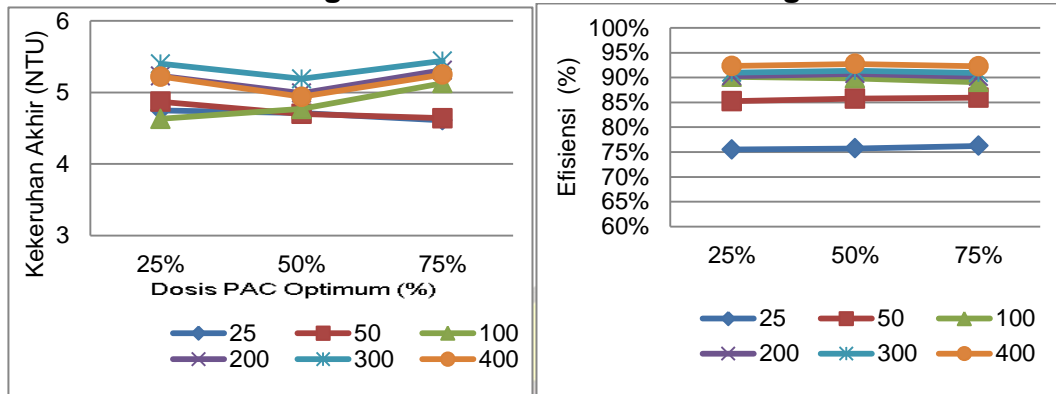
satu faktor yang mempengaruhi proses pengolahan adalah daya hantar listrik, dimana semakin besar daya hantar listrik maka semakin banyak polutan yang terikat oleh koagulan. Berdasarkan ini, maka tidak bisa dilihat pengaruh jumlah partikel diskrit terhadap parameter daya hantar listrik.

- Pada pengolahan ini telah dilakukan pengadukan terhadap sample uji yang mengandung partikel diskrit. Jumlah partikel diskrit ini mempengaruhi kejenuhan larutan sehingga partikel koloid (polutan) dapat menjadi lebih rapat. Ketika jarak antar partikel lebih rapat, maka gaya Van Der Waals akan semakin tinggi.

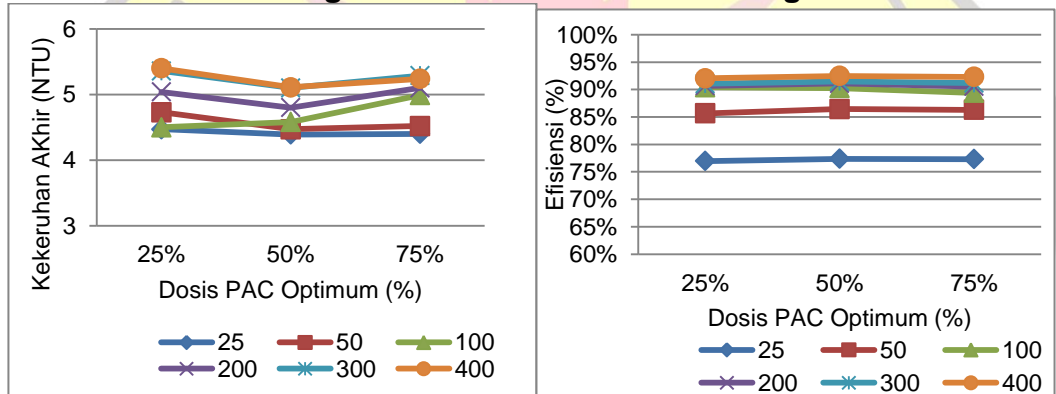




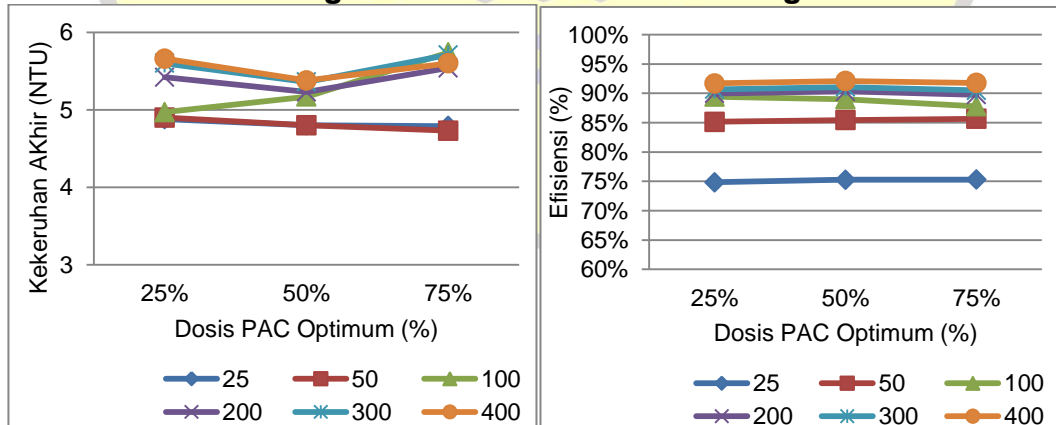
Gambar Percobaan Koagulasi-Elektrokoagulasi Setelah Prasedimentasi Dengan Waktu Detensi Elektrokoagulasi 3 Menit



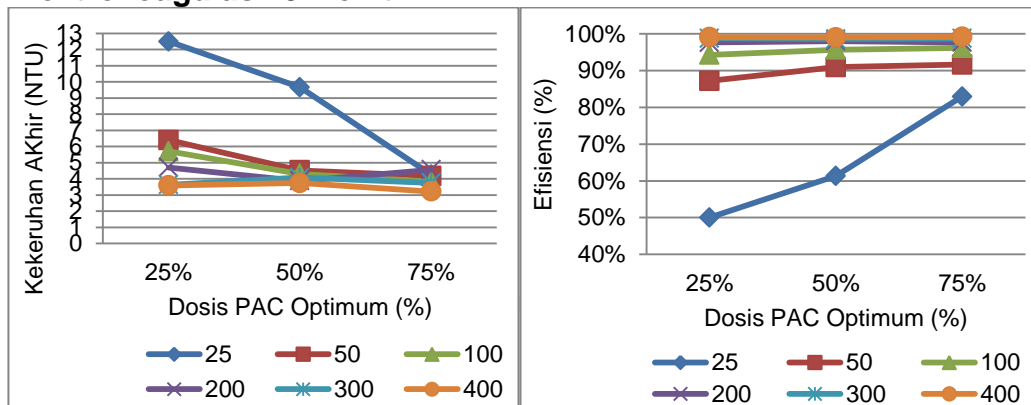
Gambar Percobaan Koagulasi-Elektrokoagulasi Setelah Prasedimentasi Dengan Waktu Detensi Elektrokoagulasi 5 Menit



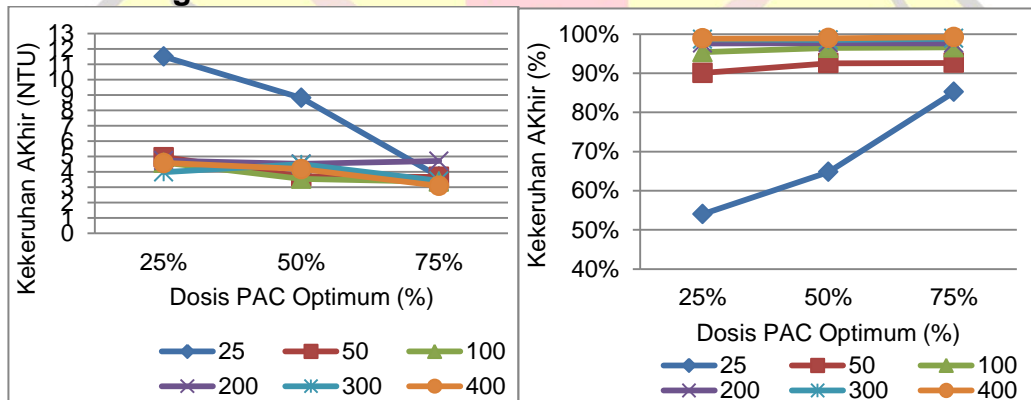
Gambar Percobaan Koagulasi-Elektrokoagulasi Setelah Prasedimentasi Dengan Waktu Detensi Elektrokoagulasi 7 Menit



Gambar Percobaan Tanpa Prasedimentasi Dengan Waktu Detensi Elektrokoagulasi 3 Menit



Gambar Percobaan Tanpa Prasedimentasi Dengan Waktu Detensi Elektrokoagulasi 5 Menit



Gambar Percobaan Tanpa Prasedimentasi Dengan Waktu Detensi Elektrokoagulasi 7 Menit

